



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

2019

**Miguel Fernandes
Capela**

**Redução do tempo de ciclo de produção de pás
eólicas na Ria Blades**



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

2019

**Miguel Fernandes
Capela**

Redução do tempo de ciclo de produção de pás eólicas na Ria Blades

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Professor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família e amigos.

o júri

presidente

Professor Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Professor Associado com Agregação do Departamento de
Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da
Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ângela Maria Esteves da Silva
Professora Adjunta da Escola Superior de Ciências Empresariais
do Instituto Politécnico de Viana do Castelo

Professor Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes
Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à empresa Ria Blades por ter disponibilizado o estágio que me fez crescer como pessoa e profissional.

Agradeço aos meus orientadores dentro da empresa, Marco Brandão e Ricardo Mendes pela sua constante disponibilidade ao longo de todo o período de estágio.

Agradeço aos meus colegas de estágio pela boa disposição e integração, bem como a disponibilidade constante para ajudar.

Agradeço ao meu orientador da Universidade de Aveiro, o professor doutor Rui Borges Lopes pela disponibilidade e conhecimento transmitido.

Agradeço à minha família e amigos, pelo apoio incontestável, principalmente à minha mãe, por me ajudar e apoiar ao longo de todo este processo.

palavras-chave

Tempo de Ciclo, Tempos e métodos, Indicador de desempenho, Takt Time

resumo

As empresas atuam de forma a ganhar vantagem competitiva sobre os seus concorrentes no mercado. Com este objetivo, muitas delas estão a introduzir conceitos Lean e de gestão de processos nas suas filosofias com a finalidade de reduzir ao máximo o desperdício em todos os processos inerentes à empresa, criando o máximo de valor para o cliente. Este trabalho foi desenvolvido na empresa Ria Blades e teve como objetivo a redução do tempo total de ciclo para 24 horas na produção da pá colada do projeto de 68,5 metros (RE68.5). Com o objetivo estabelecido, foram desenvolvidas estratégias de atuação em conjunto com a equipa de engenharia da empresa para se atingir o objetivo proposto. Inicialmente foram usadas ferramentas de métodos e tempos para o mapeamento e recolha de dados do processo e analisados indicadores de eficiência das equipas com o propósito de definir prioridades de atuação. Com os resultados obtidos, foi elaborado um plano de ações com o objetivo de reduzir o tempo total de ciclo. Após a implementação desse plano para a produção da pá colada, a equipa/subprocesso que necessitou de maior atenção foi a de colagem, seguida do layup e infusão e por último da desmoldagem. No final, o processo de produção da pá colada reduziu em cerca de 11 horas o tempo total de ciclo (31,4% de redução), passando de 35 para 24 horas. Esta redução originou também uma redução do custo de produção associado à mão-de-obra direta de 36,9%. A padronização do processo desenvolvida foi replicada para o armazém dos acabamentos, para obtenção da pá acabada.

keywords

Cycle time, Times and methods, Performance indicator, Takt time.

abstract

Nowadays, companies act to gain competitive leverage over their competitors in the market. To this end, many of them are introducing Lean and process management concepts into their philosophies to minimize waste in all business processes, creating maximum value to the customer. This work was developed at Ria Blades company and aimed to reduce the total cycle time to 24 hours in the production of the project's 68.5 meter eolic blade (RE68.5). With the established objective, strategies were developed to work together with the company's engineering team to achieve the proposed objective. Initially, methods and time tools were used to map and collect process data and to analyze team efficiency indicators in order to define action priorities. With the obtained results, an action plan was elaborated with the objective of reducing the total cycle time. After the implementation of this plan for the production of the eolic blade, the team / subprocess that needed the most attention was the bounding, followed by layup and infusion and finally demoulding. In the end, the eolic blade production process reduced the total cycle time by about 11 hours (31.4% reduction) from 35 to 24 hours. This reduction also led to a 36.9% reduction in the cost of production associated with direct labor. The standardization of the developed process was replicated to the finishing warehouse to obtain the finished eolic blade.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1 – Motivação e Contextualização do trabalho	2
1.2 – Objetivos	2
1.3 – Metodologia.....	3
1.3 – Estrutura.....	6
2. Enquadramento Teórico	9
2.1 – Takt time	10
2.2 – Métodos e Tempos.....	11
2.3 – <i>Business Process Model Notation</i>	15
2.4 – Indicadores de performance	18
2.5 – Análise de risco / Matrizes de Risco	19
3. Empresa Ria Blades	21
3.1 – A empresa.....	21
3.2 – Produto e Processo produtivo	22
3.2.1 - Definição dos eixos da pá.....	22
3.2.2 - Modelos e designações dos projetos	23
3.2.3 – Turbina Eólica	24
3.2.4 – Constituição da pá eólica	25
3.3.5 – Processo produtivo	28
4. Caso de Estudo	31
4.1 – Análise da situação inicial.....	31
4.2 – Análise do processo de fabrico da pá colada	36
4.2.1 - Tempos de ciclo.....	36
4.2.2 - Mão-de-obra direta	61
4.2.3 - Takt Time vs Tempo de Ciclo	69
4.3 – Análise do processo de fabrico da pá acabada	72
4.3.1 – Recolha de dados e mapeamento do estado inicial	72
4.3.2 – Tratamento de dados e discussão de resultados	74

4.3.3 – Propostas de ações de melhoria	82
4.4 – Análise complementar do BPMN	85
5. Conclusões	87
5.1 – Considerações Gerais.....	87
5.3 – Limitações.....	88
5.4 – Sugestões de trabalho futuro	89
Referências	91
Anexos	95
Anexo A - Relatório Industrial do projeto RE68.5 MK1	96
Anexo B - Análise de tempos de ciclo MS SS RE68.5	97
Anexo C – Exemplo de extração de dados SAP (pá #59)	99
Anexo D - Compilação tempos de processamento da pá colada	100
Anexo E – Layout atual da fábrica	101

Índice de Figuras

Figura 1 - Fluxograma da metodologia	4
Figura 2 - Esquema do processo para a cronometragem de tempos	13
Figura 3 - Ciclo de vida do BPM	16
Figura 4 - Objetos de fluxo do BPMN.....	17
Figura 5 - Objetos de conexão do BPMN.....	18
Figura 6 - Matriz de Risco	20
Figura 7 - Fotografia aérea da Ria Blades	22
Figura 8 - Eixos da pá.....	23
Figura 9 - Designações dos Projetos	23
Figura 10 - Histórico das instalações totais de turbinas eólicas em GW	24
Figura 11 - Componentes da <i>nacele</i>	25
Figura 12 - Principais componentes da pá eólica	25
Figura 13 - Web TE e LE	26
Figura 14 - Girder SS e PS	26
Figura 15 - Root-Joints	26
Figura 16 - Fecho da pá eólica	27
Figura 17 - Aerodinâmica da pá eólica.....	27
Figura 18 - Processo de fabrico da pá colada.....	29
Figura 19 - Posição 1 e 2.....	29
Figura 20 - Posição 3 e 4.....	30
Figura 21- BPMN do processo de fabrico da pá colada	32
Figura 22 - Carro de abastecimento logístico.....	34
Figura 23: Quadro de seguimento – a) QS no molde: b) QS na prancheta	38
Figura 24: Ferramentas de filmagem e posição no molde – a) máquina de filmar; b) posição 1; c) posição 2	39
Figura 25 - Tempo de ciclo inicial da pá colada	41
Figura 26 - Diagrama de Gantt do planeamento de reuniões.....	47
Figura 27 - Colagem das webs na pá colada	48
Figura 28 - Posicionadores de recetores e calibradores	49
Figura 29 - Gráfico da redução do tempo de ciclo da equipa de colagem	49
Figura 30 - Stock de <i>girders</i> junto ao molde.....	51
Figura 31 - Posicionadores de <i>girders</i> e tegs atualizados	52
Figura 32 - Stock de <i>webs</i> e galácticas.....	52

Figura 33 - Gráfico de redução de tempo de ciclo da equipa de layup e infusão	53
Figura 34 - Gráfico da redução do tempo de ciclo da equipa de desmoldagem.....	55
Figura 35 - Análise dos tempos de ciclo da pá colada	59
Figura 36 - Máquinas de Registo.....	62
Figura 37 - Análise de picagens reais do fabrico da pá colada	66
Figura 38- Quadro de Seguimento com momentos para picagem (alteração da tarefa) ..	68
Figura 39 - Tempo de ciclo vs Takt time	71
Figura 40 - Pinokos	73
Figura 41 - Gráfico de linhas do tempo de ocupação das posições.....	75
Figura 42 - Diagrama de caixa do tempo de ocupação das posições	76
Figura 43 - Matriz de operações da posição 0	83
Figura 44 - BPMN das reparações	85

Índice de Tabelas

Tabela 1- Métodos para a determinação dos tempos (menos usados)	12
Tabela 2 - Critérios e considerações dos métodos para determinação de tempos.....	13
Tabela 3 - Compilação de tempos de ciclo e MOD no fabrico da pá colada e seus componentes	35
Tabela 4- Divisão das operações por equipas/turnos.....	37
Tabela 5 - Análise inicial de tempos de ciclo.....	40
Tabela 6 - Definição de targets de tempos de processamento.....	43
Tabela 7- Análise de eficiência da equipa de desmoldagem.....	44
Tabela 8 - Análise de eficiência da equipa de layup e infusão	44
Tabela 9 - Análise de eficiência da equipa de colagem.....	44
Tabela 10- Plano de ações na redução do tempo de ciclo na produção da pá colada	55
Tabela 11- Análise dos tempos de ciclo totais da pá colada	58
Tabela 12 - Registo de tempos na equipa de <i>layup</i> e infusão	60
Tabela 13 - registo de tempos na equipa de colagem.....	61
Tabela 14 - Gamas operatórias vs SAP.....	63
Tabela 15 - Análise de picagens reais (Produto vs Processo vs Produção).....	65
Tabela 16 - Pedido de alterações dos processos.....	67
Tabela 17- Cálculo do tempo operacional líquido	70
Tabela 18 – Tempo de ocupação das posições no armazém dos acabamentos.....	73
Tabela 19 – Tempo de ocupação das posição no armazém dos acabamentos (em dias).....	75
Tabela 21 - Tratamento de dados usando a mediana (cenário 2)	78
Tabela 20 - Tratamento de dados usando a média (cenário 1)	78
Tabela 22- Amplitude das observações acima do objetivo.....	79
Tabela 23 - Chave de probabilidade na análise de risco.....	79
Tabela 24 - Chave de severidade na análise de risco (usando mediana)	80
Tabela 25 - Probabilidade vs severidade na análise de risco.....	81
Tabela 26- Resultado da análise de risco	82
Tabela 27- Plano de ações no armazém dos acabamentos.....	84

Lista de Acrónimos e Siglas

BOM – *Bill of Materials*
BPM- *Business Process Management*
BPMN – *Business Process Management Notation*
CCP – Carta de Controlo de Produção
GAT – Grupo Autónomo de Trabalho
JIT – *Just in Time*
KPI – *Key Performance Indicator*
LE – *Leading Edge*
MOD – Mão-de-obra direta
MS – *Main Shell*
MTM – *Methods Time Measurement*
NOK – *Not OK*
OEE – Overall Equipment Efficiency
PDCA – *Plan, Do, Check, Act*
PDP – Plano Diretor de Produção
PS – *Pressure Side*
RDR – Relatório de Desvios e Reparações
SAP – *Systems, Application and Products*
SS – *Suction Side*
SW – *Standard Work*
TE – *Trailing Edge*
TPS – *Toyota Production System*
VSM- *Value Stream Map*

1. Introdução

Nos dias de hoje as organizações enfrentam uma constante era de globalização, aliada ao rápido crescimento da tecnologia, o que cria novas ferramentas de análise e otimização dos negócios. Cada vez mais, as empresas atuam de forma a ganhar vantagem competitiva sobre os seus concorrentes no mercado. Com este objetivo, as empresas estão a introduzir conceitos *Lean* nas suas filosofias com a finalidade de reduzir ao máximo o desperdício de certas atividades (tudo o que não agrega valor ao cliente) em todos os processos inerentes à empresa.

A gestão de negócio segundo a filosofia *Lean*, encoraja a responsabilidade e liderança compartilhados, e têm como principais pilares o respeito por todos os colaboradores e a melhoria contínua. Com a implementação desta metodologia, pretende-se atingir melhorias significativas na produtividade, eficiência do tempo de ciclo e redução de custos. Muitos dos perfis profissionais de trabalho, tal como o engenheiro de processo, usam a ferramenta “tempos e métodos” para analisar o tempo consumido por um processo específico (tempo real de ciclo). Neste contexto, o mapeamento e a monitorização dos processos são elementos essenciais para uma análise fidedigna e um maior controlo das especificações e restrições assumidas por um projeto específico. O conhecimento do processo é, não só uma mais-valia na fase de *design*, como também no planeamento de soluções que não seriam possíveis sem uma boa análise desse mesmo processo.

Este documento reflete o trabalho que foi realizado em ambiente industrial, na empresa Ria Blades localizada em Vagos, Aveiro. A fábrica produz as pás que fazem parte das turbinas instaladas nos campos eólicos tanto a nível nacional como também internacional. A fábrica é maioritariamente constituída por dois armazéns principais, um para os moldes e o outro para os acabamentos. Este trabalho foi desenvolvido inicialmente no contexto do armazém dos moldes, sendo o produto final desse processo a *Main Shell* (MS) ou “pá colada”. Posteriormente, a “pá colada” é transportada para o armazém dos acabamentos, onde se irão realizar diversas atividades como colocação de massas, pintura, testes de estrutura e todo o tipo de operações que originam no final a “pá acabada”. O objetivo deste trabalho foi a participação ativa na identificação e implementação de soluções para a redução do tempo total de ciclo na produção da “pá colada” de um projeto específico, de modo a atingir o *target* pré-estabelecido pela empresa de 24 horas.

A empresa Ria Blades opera na produção por moldes de diferentes tamanhos, referentes a projetos específicos, cada um sujeito às especificações dos clientes em relação ao projeto pá.

Neste contexto, o objetivo principal do trabalho foi a redução do tempo total de ciclo da produção da pá colada num projeto recente e importante na empresa (pá com 68,5 metros de comprimento). Todos os projetos desenvolvidos no ambiente fabril têm processos semelhantes para a produção da “pá colada”, variando apenas algumas especificações e restrições, de acordo com as necessidades do cliente.

1.1 – Motivação e Contextualização do trabalho

A fábrica Ria Blades foi criada com o propósito inicial de produzir pás com um tamanho de 45 metros. Posteriormente, o processo produtivo foi sendo otimizado, até que o tempo total de ciclo atingisse 24 horas. Foi com esse objetivo cumprido que originou a entrada de novos projetos na empresa, nomeadamente com a produção de pás com tamanhos acima de 50 metros. Atualmente, os projetos mais recentes já são de pás com tamanhos de 63 e 74 metros. A empresa-mãe do grupo empresarial que a fábrica pertence, sendo ela alemã, a Senvion, confiou na Ria Blades para albergar outros projetos, o que permitiu que a fábrica crescesse tanto em tamanho, como em recursos humanos, tornando-se num dos maiores fabricantes de pás para turbinas eólicas no país.

Na Ria Blades encontram-se em chão de fábrica diversos moldes referentes a vários projetos, cada um com certos requisitos. As especificações são garantidas na fase de industrialização, sendo esta o período referente à produção das primeiras dez pás. Nesse período a equipa de engenharia monitoriza e analisa todo o processo de produção dos pré-fabricados, tal como o da pá colada, assegurando que a BOM (*Bill of Materials*) satisfaz o processo completo. Em paralelo, é também realizada a atualização das gamas operatórias, sendo primordial a otimização não só dos tempos de processamento de todas as tarefas bem como dos tempos MOD (mão-de-obra direta) referentes a todo o processo produtivo.

1.2 – Objetivos

Neste trabalho são abordadas algumas ferramentas Lean e de gestão de processos, adaptadas à realidade industrial da empresa Ria Blades refletida neste relatório, de modo

a reduzir os tempos totais de ciclo de processamento, quer da pá colada quer da pá acabada.

Neste contexto, o objetivo principal do projeto é a definição de metodologias e ações para a redução do tempo total de ciclo de produção da pá colada para 24 horas, ou seja, de todo o processo pertencente ao armazém dos moldes. Posteriormente, a estratégia desenvolvida seria repetida para o armazém dos acabamentos, com vista também à redução do tempo total de ciclo de produção da pá acabada.

Para atingir o objetivo principal, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Conhecimento do processo produtivo existente para a produção de pás eólicas;
- Identificação de oportunidades de melhoria de cada subprocesso;
- Definição de metodologias de melhoria com vista à redução do tempo de ciclo do processo produtivo;
- Implementação de planos de ações e análise dos resultados.

Em paralelo, foram também definidos objetivos secundários que acompanharam a evolução do processo de redução do tempo total de ciclo e que dizem respeito à otimização do processo de recolha e atualização de dados:

- Otimização da estratégia de inserção e atualização de dados no sistema SAP;
- Melhoria do sistema de recolha de dados relativamente à mão-de-obra direta;
- Otimização do processo de partilha de informação entre equipas de engenharia (processo e produto);
- Atualização de *standards* de trabalho;
- Criação de um procedimento padrão para redução dos tempos de ciclo dos processos conducentes à produção da pá acabada.

1.3 – Metodologia

Para alcançar o objetivo principal definido para o trabalho, e dado neste tipo de indústria existirem processos sequenciais com mais de 24 horas, a abordagem teve de ser diferente da que seria utilizada caso o processo fosse contínuo e em série, ou seja, um processo sem interrupções e bastante repetitivo. Assim, numa fase inicial, é realizado o mapeamento do processo, utilizando ferramentas de métodos e tempos para a recolha de dados, tais como os quadros de seguimento, a cronometragem e as câmaras de filmar. Posteriormente, os dados são analisados e são tomadas decisões com base em

ferramentas, que auxiliam na tomada de decisão, e na escolha das prioridades para certo tipo de ações. A metodologia desenvolvida está resumida no fluxograma da figura 1.

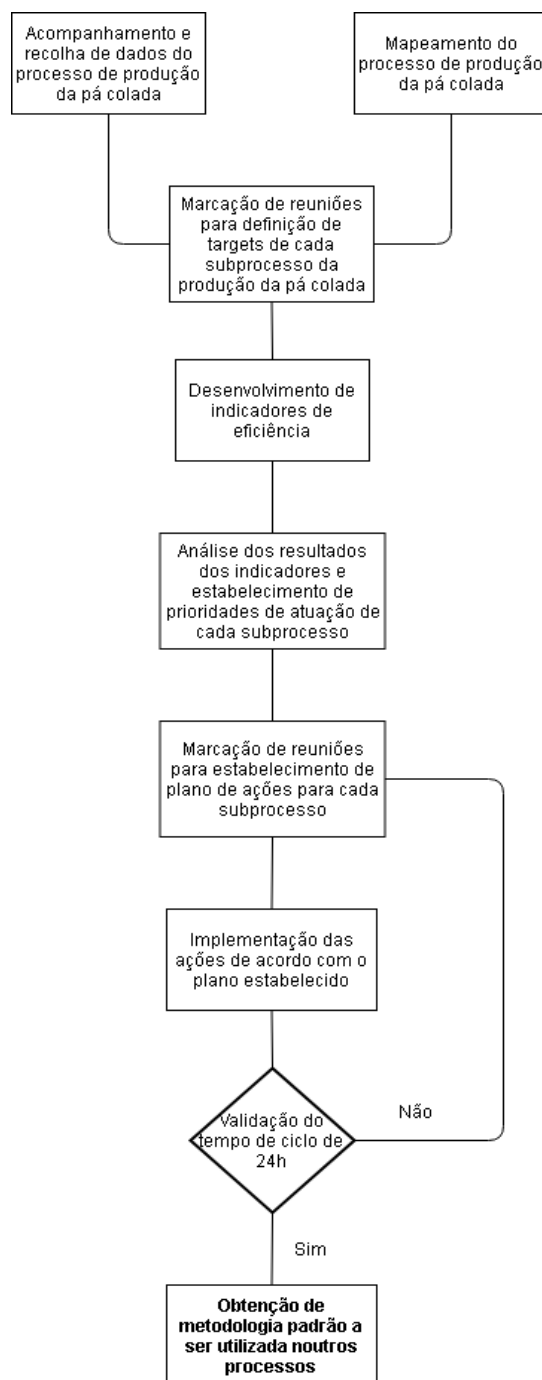


Figura 1 - Fluxograma da metodologia

No caso da Ria Blades, que trabalha com moldes num dos seus armazéns, a situação é complexa, estando por vezes em cada turno 15 ou mais colaboradores a trabalhar em

simultâneo, cada um com tarefas específicas para o desenvolvimento do processo, o que tornava difícil uma análise micro aos movimentos de cada colaborador. Para além disso, a empresa tem ainda processos com mais de 30 horas, pelo que a produção de uma pá tem o envolvimento de diversos turnos, cada um com colaboradores diferentes.

Assim, numa primeira fase do trabalho, foi bastante importante contar com a participação dos colaboradores no preenchimento dos quadros de seguimento, pois em grande parte dos processos, o analista dos estudos de tempos não estará na empresa 24 sobre 24 horas para os observar. Na fase de industrialização, a equipa de engenharia, em conjunto com os diretores de produção e de projeto, acompanha os diversos processos para garantir que todas as especificações do cliente são satisfeitas. Nesta fase, é importante englobar os líderes GAT (grupo autónomo de trabalho) e os supervisores, dando-lhes uma autonomia parcial em conjunto com uma manifestação de confiança no seu trabalho. Esta abordagem baseia-se na gestão, usando a filosofia Lean, que encoraja a responsabilidade compartilhada. Depois desta primeira fase de análise do macroprocesso, é feito um estudo para tentar perceber quais os pontos críticos e bloqueantes de todo o processo e que servirão como oportunidades de melhoria.

Numa segunda fase, foi definida uma estratégia com base no ciclo PDCA, ou de Deming, estruturando a metodologia ideal a implementar. O primeiro passo é então realizar o planeamento do caso de estudo, onde inicialmente é feito o acompanhamento do processo no molde em questão, conhecendo as várias equipas e os respetivos supervisores. De seguida é feita uma análise ao projeto, estabelecendo-se o contacto com todos os intervenientes, ou seja, perceber quais os departamentos que se devem incluir neste estudo. Mais à frente, são marcadas reuniões com os vários especialistas do projeto para definir *targets* de tempos de ciclo de cada subprocesso com o objetivo de serem atingidas as 24 horas de tempo total de ciclo na produção da pá colada. Nesta fase, o diálogo com todos os intervenientes é essencial para a definição desses *targets* para cada subprocesso. Estes valores objetivo são estabelecidos através de dados históricos de outros projetos ou pela própria experiência dos especialistas.

Depois dos *targets* estarem estipulados, foi usado um indicador de desempenho, que neste caso foi a eficiência das equipas, para se identificarem aquelas que estariam mais longe de atingirem esses objetivos pré-estabelecidos pelos especialistas do processo.

Com as prioridades de atuação bem delineadas, foram planeadas reuniões onde era elaborado um plano de ações para cada equipa. Nesta fase foram estabelecidas algumas decisões de engenharia, ou seja, com carácter científico, que influenciavam o

tempo de processamento de cada operação. Estas reuniões foram concebidas com o objetivo de controlar o *status* do plano de ações, servindo assim como ferramenta de gestão do projeto.

Numa fase final, é realizada a validação do ciclo total de 24 horas, o que torna essa informação oficial para toda a empresa, sendo então os valores atualizados no sistema SAP, o que acarreta uma diminuição dos custos associados à MOD, e por conseguinte, à produção da pá colada.

A metodologia desenvolvida para o armazém dos moldes, irá ser também útil para o planeamento da atuação no armazém dos acabamentos (obtenção da pá acabada), porque, apesar das características serem distintas do primeiro caso de estudo, a organização estratégica será a mesma. Assim, a estratégia a implementar consiste na realização do mapeamento do estado inicial, na definição de prioridades de atuação e na marcação de reuniões, de modo a estabelecer um plano de ações, com o objetivo de reduzir o tempo de processamento das diferentes tarefas constituintes do processo de produção da pá acabada.

No que diz respeito ao desenvolvimento do trabalho, os primeiros meses são essenciais, pois são a fase de adaptação e de conhecimento do processo fabril, que são fatores cruciais para se atingirem os objetivos do projeto. Nesta fase, o acompanhamento dos elementos da equipa de engenharia é fundamental para se conhecerem as metodologias usadas, assim como as estratégias de atuação. É neste período que é realizado o mapeamento inicial do processo, compilando-se todas as informações do projeto em causa.

1.3 – Estrutura

O presente documento está dividido em 5 capítulos, sendo de seguida descrito de uma forma resumida cada um.

No primeiro capítulo é feita uma introdução ao tema em estudo, onde são definidas as metodologias de trabalho, bem como os objetivos do projeto. Nesta secção, é feita ainda uma contextualização do projeto.

O segundo capítulo representa o enquadramento teórico, onde se efetua um levantamento das ferramentas e técnicas disponíveis e usadas no projeto, para além das metodologias aplicadas ao caso de estudo. Inicialmente é feita uma breve introdução à filosofia Lean e mais à frente às ferramentas de gestão de indicadores e apoio à definição de prioridades de atuação.

No terceiro capítulo é realizada uma breve descrição da fábrica Ria Blades e do grupo empresarial onde ela se insere. Também nesta secção se introduz o produto, com todos os materiais necessários para a produção da pá eólica, bem como a descrição do processo produtivo, tanto no armazém dos moldes como no armazém dos acabamentos.

O quarto capítulo reflete a recolha e tratamento de dados referente ao caso de estudo, havendo uma subdivisão relacionada com a atuação no armazém dos moldes (pá colada) e outra com a atuação no armazém dos acabamentos (pá acabada). É ainda realizado um mapeamento do estado inicial do processo. Neste ponto, é desenvolvida toda a metodologia utilizada, desde a recolha de dados ao seu tratamento e discussão de resultados.

No quinto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões, assim como são referidas as limitações decorrentes do desenvolvimento do trabalho, e as propostas de trabalhos futuros.

2. Enquadramento Teórico

No mundo atual, e dada a grande competitividade nos diversos setores industriais, as empresas tendem a implementar a filosofia Lean de modo a promover o sucesso das suas equipas, implementando a autonomia e responsabilidade dos seus colaboradores, e com isso, otimizar os seus processos produtivos. Neste contexto, existem muitas ferramentas e conceitos que podem ser utilizados pelas empresas para apoiar os princípios acima descritos e eliminar o desperdício.

Neste capítulo vão ser descritos apenas os conceitos teóricos das ferramentas que foram escolhidas em contexto industrial como as mais adequadas ao caso de estudo em questão.

Inicialmente, a ferramenta usada foi o takt time que, fazendo parte da filosofia Lean, auxilia na identificação e eliminação do desperdício no processo em estudo. O uso desta ferramenta no documento serviu como um indicador de satisfação do cliente para garantir que a redução do tempo de ciclo (objetivo principal do projeto) acompanhava o ritmo a que o cliente necessitava do produto, visto que o modelo de negócio é baseado no sistema “Pull”.

De todas as ferramentas de recolha de dados, a que se adequava melhor ao contexto industrial e ao tipo de processo produtivo foi a ferramenta de “métodos e tempos” para recolha e análise de dados na fase inicial do projeto.

Outra ferramenta usada foi o BPMN (*Business Process Model Notation*), que consistiu na modelação do processo em estudo para o mapeamento do estado inicial do mesmo. Para realizar o mapeamento dos processos, as empresas usam, geralmente, o fluxograma como ferramenta, mas neste caso, foi escolhido o BPMN por apresentar mais informação que um fluxograma e ao mesmo tempo ter uma notação simples e clara, compreendida por todos os utilizadores do processo. Ao mesmo tempo é suficientemente detalhada para automatizar um processo.

Com o objetivo de auxiliar na definição de prioridades de atuação, bem como nas decisões estratégicas na gestão do processo, foi criado um indicador de desempenho (KPI), e foi também construída uma matriz de risco como forma de gestão do processo mais simples e visual (análise de dados semi-quantitativos).

2.1 – Takt time

Embora os pensamentos sobre os processos e suas otimizações na indústria de produção decorressem desde o século XV na manufatura de arsenal na cidade de Veneza, a primeira pessoa a introduzir a ideia de fluxo de produção, foi Henry Ford em 1913 na sua empresa. Ford criou uma linha de produção, onde as diversas peças constituintes do carro eram montadas em alguns minutos. Porém, o problema no sistema Ford era a incapacidade de fornecer variedade nos seus produtos. Com isto, houve o surgimento do *Toyota Production System*, originado na empresa Toyota por Kiichiro Toyoda e outros, que observaram a situação e a aprofundaram com mais intensidade após o final da segunda guerra mundial. Este sistema tornou possível o seguimento da ideia de fluxo de processo e ao mesmo tempo fornecer variabilidade aos produtos (Womack, Jones, e Roos, 2007).

O objetivo principal da filosofia Lean é eliminar o desperdício em qualquer processo de produção. O desperdício está relacionado com todas as atividades que não acrescentam qualquer tipo de valor ao produto na perspectiva do cliente, tornando o processo mais longo e demorado.

Tal como é descrito por Womack, Jones e Roos (2007), a empresa Toyota foi pioneira no uso da filosofia Lean dentro dos seus sistemas de negócio nos 20 anos que decorreram após o final da 2ª guerra mundial. Também é referido que se deve ter em conta o uso desta filosofia nas indústrias de produção em massa, pois ela irá alterar por completo os modelos de negócio (escolha dos consumidores, natureza do trabalho, entre outros).

O pensamento Lean contribui para que as empresas adotem um sistema “*Pull*” ao contrário do tradicional sistema “*Push*”, tornando possível a criação e entrega de valor ao cliente apenas quando é necessário. As organizações necessitam de manter um fluxo de trabalho contínuo e para isso usam várias ferramentas para atender a procura do mercado atual da forma mais eficiente, tal como o uso do *takt time*.

O termo *takt time* deriva da palavra alemã “*taktzeit*”, onde o “*takt*” significa “compasso” e “*zeit*” significa “tempo”, ou seja um compasso musical, tendo sido posteriormente adaptado ao ambiente industrial como um “ritmo de produção” por volta dos anos 30. Tal como é referido em Alvarez e Antunes (2001) e Keim (2019), *takt time* representa o ritmo de produção necessário para atender uma procura/demanda do cliente/mercado, evitando sobreprodução, isto adotando uma filosofia JIT (*Just in Time*). É de notar que este conceito deve estar diretamente ligado ao processo, na medida que retrata o fluxo dos materiais ao longo do tempo e espaço. De seguida, é visível a fórmula para calcular o *takt time*:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ operacional\ Líquido/período}{Necessidade\ do\ cliente/período}$$

No caso do Sistema Toyota de Produção, o tempo é calculado tendo em conta o fluxo dos materiais no processo e não apenas cada operação individualmente. Por outro lado, este sistema prioriza a ferramenta *Kanban*, tornando pouco relevante o uso do *takt time* na gestão da produção (Alvarez & Antunes Jr., 2001).

Em Gomes e Corrêa (2018), a utilização do *takt time* no cálculo do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) para a medição da eficiência das células de produção é mais apropriado do que com o tempo de ciclo do recurso “gargalo”. Por outro lado, em Ali e Deif (2014), é concluído que o uso do *takt time* não tem impacto relevante no OEE, dependendo apenas da qualidade e da confiança do processo, mas é realizado um modelo com novas métricas que sustentam o uso do *takt time*.

No caso do tempo de ciclo ser superior ao *takt time*, é necessário acrescentar operações ou realizar um balanceamento dos postos de trabalho, gerindo eficazmente os recursos de forma a reduzir o tempo de ciclo de uma ou várias operações. Com isto, a performance da empresa aumenta, gerada pela diminuição dos custos de produção e aumento de produtividade.

O trabalho de Alvarez e Antunes Jr (2001) refere a importância da sincronização da produção com base no *takt time*, diferenciando a função operação da função processo. Nos sistemas tradicionais, existe uma sobrevalorização do sistema *kanban*, enquanto o uso da ferramenta *takt time* está geralmente associada às atividades dentro de cada célula de produção ao invés de se focar na sequência das várias operações ao longo de todo o processo produtivo.

2.2 – Métodos e Tempos

O estudo da medição de métodos e tempos é uma técnica de trabalho de gestão de produção. Nestes casos, é importante a medição do tempo de processamento, tendo em conta todas os pressupostos e restrições consideradas em relação ao caso de estudo em análise. Esta ferramenta está dividida no estudo dos tempos, que representa a análise e registo dos tempos de processamento, e no estudo dos métodos, mais direcionado à análise das movimentações por parte dos colaboradores, estabelecendo tempos-padrão e metodologias com o foco na ergonomia.

Tal como é descrito por Gaspar (2016), o estudo dos tempos consiste em quatro fases gerais. A primeira é a fase de seleção, onde é decidido qual o assunto a tratar e também é feita alguma preparação, com o registo de toda a informação necessária. A segunda fase é a medição, na qual são consideradas todas as hipóteses para reunir dados fidedignos para a análise. A etapa seguinte é a de avaliação dessas mesmas hipóteses. Por último, a fase de padronização, onde o trabalho prático é realizado, ou seja, onde as medições dos tempos são reunidas de acordo com os métodos escolhidos. Esta metodologia consiste nas observações, registo de dados e informação, análise crítica e a proposta de novos métodos ou oportunidades de melhoria. São diversos os métodos para a medição e determinação dos tempos, tais como: estimativa, dados históricos, amostragem, cronometragem, comparação e MTM (Methods Time Measurement). É importante referir que os mais usados são: cronometragem, comparação e MTM. Na tabela 1 podem-se encontrar características de alguns métodos para determinação dos tempos.

Tabela 1- Métodos para a determinação dos tempos (menos usados)

Estimativa	Dados Históricos	Amostragem
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indicado para tarefas que raramente se realizam; ➤ Tempos obtidos por estimativa; ➤ Pouco rigor. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Não é considerada técnica de medição; ➤ Análise de dados; ➤ Registos fiáveis; ➤ Tempo padrão; ➤ Aconselhável para tarefas longas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fundamentos estatísticos para determinar tempo padrão.

Fonte: (Gaspar, 2016)

No que diz respeito aos métodos mais usados, a tabela 2 reflete os critérios e considerações na escolha de cada um.

Tabela 2 - Critérios e considerações dos métodos para determinação de tempos

Critérios e Considerações			
Tempos Critérios	Comparação	Cronometragem	MTM
Tipo de produção	Produção Única	Pequenas e Médias Séries	Grandes Séries
Informação Necessária	Projetos idênticos já realizados	Informação sobre Operação, peça e método	Informação detalhada sobre os movimentos
Precisão e Rigor	Baixo	Bom	Elevado

Fonte: (Gaspar, 2016)

Analisando a tabela 2, o processo de produção da pá eólica, na empresa em estudo, tem como tipo de produção, pequenas e médias séries. Como informação necessária, a empresa tem projetos idênticos já realizados e informações sobre a própria operação, produto e método. Por último, tem um bom nível de precisão e rigor. Assim, o método usado para a determinação de tempos é principalmente a cronometragem, mas tendo ainda o auxílio do método de comparação com outros projetos da empresa.

Em Marques (2008), é referida uma sequência lógica do processo de cronometragem, onde inicialmente se decide e se preparam os materiais necessários e se acaba com a avaliação e análise dos resultados, como se pode verificar na figura 2.

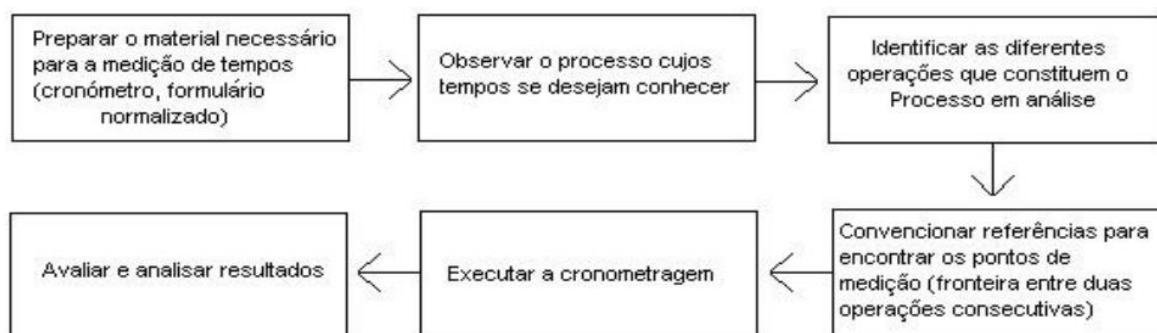


Figura 2 - Esquema do processo para a cronometragem de tempos

Fonte: (Marques, 2008)

Com o objetivo de reduzir o desperdício, é necessária a implementação de uma metodologia em conjunto com o estudo das condições de trabalho, tendo em vista a padronização dessa ética de trabalho. O estudo dos métodos em conjunto com o estudo dos tempos trazem consigo alguns benefícios, tais como, o aumento da eficiência da formação, a melhoria de processos e produtos, a redução da variedade do produto, a redução dos custos de formação de novos colaboradores e a maior eficácia e rapidez na aprendizagem de novas tarefas (Cunha, 2012). Um estudo completo de tempos deve ser realizado para cada trabalho ou variações no processo. Com este sistema, é possível para todos os níveis de colaboradores dentro de uma empresa, desde os operadores a gestores de topo, a avaliação de um dia normal de trabalho ou de uma tarefa específica, comparando assim os tempos de processamento com os padrões estabelecidos. Ao usar esta técnica, é possível obter resultados bastante eficientes, permitindo ainda aos engenheiros de topo tomar grandes decisões de engenharia. Esta ferramenta auxilia os diretores de produção a determinarem em pouco tempo a causa – chave de alguns desvios ao *standard* e realizar as ações corretivas necessárias. Estes tempos padrão são associados a custos diretos ou indiretos da produção, auxiliando no controlo orçamental de todo o processo produtivo.

Métodos e tempos é vista como uma filosofia de trabalho adotada pelas empresas, resultando numa redução da variabilidade do processo, eliminando desperdício e realizando ações que acrescentem valor para o cliente (Roberto et al, 2017). MTM permite também uma análise aprofundada onde se obtém uma abordagem que adote uma postura mais atrativa para os operadores em termos de ergonomia, analisando as pequenas movimentações do corpo, tal como o “agarrar”, “largar”, “virar”, entre outras. Uma das grandes vantagens da aplicação destes estudos, é a criação de métodos para a melhoria do balanceamento de produtividade, no que diz respeito a postos de trabalho ou equipas autónomas de trabalho. Com o desenvolvimento e evolução desta filosofia de trabalho dentro das empresas, as vantagens serão a vários níveis: redução do lead time, aumento da produtividade e otimização de recursos “gargalos”, sendo estes pontos bloqueantes do processo produtivo, que resultam em geral na redução dos tempos de processamento. Outro grande benefício com a implementação desta ferramenta é o aumento da estabilidade e confiança nos planos de produção, que até então estavam sujeitos a variações, que resultavam em entregas desregulares. O benefício é notório, realizando assim um PDP (Plano Diretor de Produção) com menos tolerâncias e desvios da realidade.

Em Koptak e outros (2017), é feita uma breve visão geral da metodologia MTM aplicada à logística, mostrando este método como ferramenta para a otimização de operações logísticas, com o objetivo de criar standards de tarefas individuais.

No desenvolvimento da medição de tempos e métodos, é imperativo ter como base um conjunto de ferramentas que nos auxiliem na medição e controlo de dados. O cronómetro é a ferramenta mais comum no desenvolvimento destes estudos, pois é de fácil utilização e acessível para o utilizador. Outro método é o uso de câmaras de vídeo, sendo ela uma técnica de medição bastante versátil e simples, tem a grande vantagem de observar o processo a quantidade de vezes necessária para uma compreensão e análise mais detalhada. Por último, temos o uso de quadros de seguimento, onde são colocadas diversas informações relativas à tarefa ou processo específico em estudo, tal como a divisão em tarefas e uma tabela com espaços para o preenchimento com os tempos retirados da cronometragem (Carvalho, 2015) (Rondinele et al, 2015).

Em Edtmayr e Sihn (2011), é avaliada a abordagem do aumento de produtividade nas empresas com base no VSM (Value Stream Map) e MTM (Methods-time Measurement), criando certas vantagens com o objetivo de reduzir também o lead time. Esta análise torna possível o aumento da produtividade com a implementação e *design* de processos inteligentes associado à redução de investimento em novos projetos e automação de baixo custo.

2.3 – Business Process Model Notation

A gestão de processos de negócio (em inglês BPM – “*Business Process Management*”) é uma metodologia que engloba a fase de desenvolvimento de um plano de negócio até à fase de controlo da gestão da organização. O BPM é sustentado em várias ferramentas que interligam a “gestão de negócios” com a “tecnologia de informação” (Mariano & Müller, 2006).

Tal como é descrito em Respício e Domingos (2015), as organizações nos dias de hoje usam processos de negócio para realizar a gestão e a otimização das atividades dentro das empresas. Também é referido que, de acordo com os resultados obtidos na “*Business Process Management (BPM) Observatory survey*”, 83% das 371 maiores organizações portuguesas têm algum tipo de procedimentos relacionados com o BPM.

Na figura 3, encontra-se o ciclo de vida do BPM:

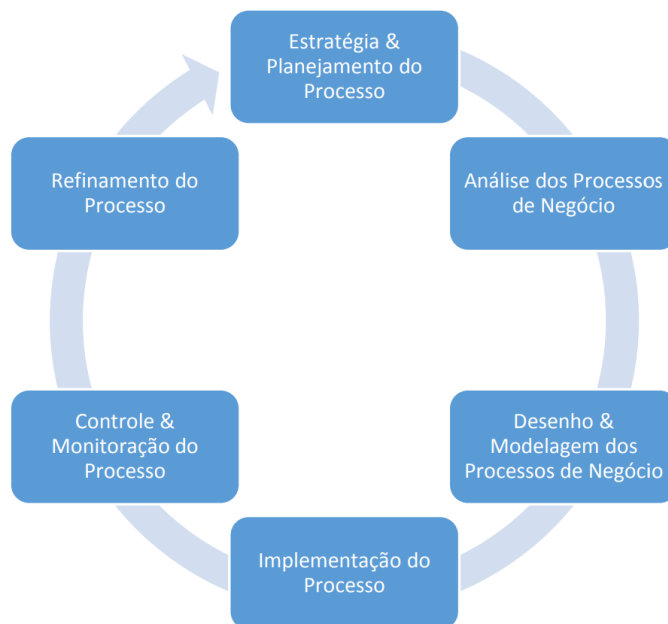


Figura 3 - Ciclo de vida do BPM

Fonte: (Mourão, 2017)

Pizza (2012) refere que a aplicação do BPM permite realizar o mapeamento dos processos organizacionais da empresa e que com a utilização da linguagem de modelação de processos como o BPMN (*Business Process Model Notation*), os analistas de negócio podem entender melhor os processos da empresa em diferentes níveis, facilitando o entendimento de todos os colaboradores presentes no modelo de negócio modelado. O principal objetivo do BPMN é fornecer uma notação que seja realmente compreensível para os utilizadores corporativos, dos analistas que criam o projeto até aos colaboradores responsáveis pela aplicação prática do mesmo. Pode ser definida como uma ferramenta de apoio aos objetivos e visão da empresa, envolvendo automação, controle, execução, modelação e otimização dos processos.

Canello (2015) afirma que o BPMN representa uma linguagem que pode ser entendida tanto pelo pessoal de negócio como da área da tecnologia de informação, eliminando as falhas entre o desenho dos processos e a implementação dos mesmos, sendo esse um grande motivo de o BPMN ser uma das ferramentas-padrão adotadas pelas organizações no desenho de processos de negócio. O autor refere ainda diversas vantagens da sua utilização:

- Possibilidade de redução de custos e identificação dos desperdícios;
- Aumentar o nível de qualidade dos serviços e produtos;

- Fácil para pessoas de negócios aprenderem a usar;
- Documentar processos é rápido e a modelagem de mudanças é fácil
- Não é controlada ou detida por um fornecedor de *software*;
- Está se tornando cada vez mais utilizada nas organizações, facilitando a troca de informações de processos de negócios com outras ferramentas de gestão;
- Preenche a lacuna entre o pessoal de sistemas de negócios e técnicos, pois é facilmente compreendida pelo utilizador de negócio e suficientemente detalhada para poder automatizar um processo. Há casos em que o próprio utilizador de negócio pode automatizar um processo independente do técnico;
- Facilidade para mapear e modelar o processo com uma notação clara, através de seus eventos, fluxos, *gateways*, subprocessos, tarefas e tantos outros itens;
- O BPMN é muito intuitivo, o que facilita a ilustração e leitura de processos grandes e complexos;
- Durante a modelagem o *software* valida o processo, caso este ainda possua erros de desenho.

Segundo Almeida e outros (2019), as ferramentas da qualidade podem ser usadas em paralelo com técnicas de gestão de processos de negócio, bem como a utilização do BPMN para realizar as modelações dos processos.

Canello (2015) refere que os objetos de fluxo são os principais objetos gráficos usados para definir o comportamento dos processos. Alguns dos objetos de fluxo usados na ferramenta BPMN podem ser observados na figura 4.







ELEMENTO		DESCRIÇÃO	NOTAÇÃO	
Objetos de Fluxo (Flow Objects)	Evento	É algo que acontece durante um processo podendo interferir no início, meio ou fim. São representados por círculos e podem conter informações associadas.		representa o início
				representa o meio ou intermediário
				representa o fim
	Atividade	Atividades podem ser divididas em tarefa ou subprocesso. As atividades representam o trabalho realizado. Os subprocessos são conhecidos como atividades compostas, dentro de um mesmo diagrama de negócio e podem ser abertos ou fechados.		representa a atividade na forma geral
				representa um subprocesso
	Gateway	São elementos para controle em casos de divergência ou convergência e determina decisões ao longo do fluxo.		representa uma decisão na forma geral

Figura 4 - Objetos de fluxo do BPMN

Fonte: (Canello, 2015)

Os objetos de conexão por sua vez são utilizados para fazer a ligação entre objetos de fluxo. Estes elementos estão descritos na figura 5.




ELEMENTO		DESCRIÇÃO	NOTAÇÃO	
Objetos de Conexão (Connections Objects)	Sequência	Utilizados para demonstrar a ordem das atividades em um processo.		representado por uma linha sólida
	Mensagem	Utilizado para demonstrar o fluxo das mensagens entre as atividades.		representado por uma linha tracejada
	Associação	Utilizado para associar dados, texto, e outros artefatos com os objetos de fluxo e demonstram as entradas e as saídas das atividades.		representado por uma linha pontilhada

Figura 5 - Objetos de conexão do BPMN

Fonte: (Canello, 2015)

Estas ligações representam a forma como as atividades e processos se relacionam, demonstrando uma certa sequência.

Com estas notações, já é possível a criação de mapeamento de processos, usando o BPMN.

2.4 – Indicadores de performance

KPI é a sigla para o termo inglês *key performance indicator*, que significa indicador-chave de desempenho e são métricas específicas com o objetivo de resumir indicadores operacionais importantes que auxiliem em tomadas de decisão (Haber & Schryver, 2019). Esta ferramenta tem como principal objetivo medir o desempenho dos processos inerentes da empresa e, com esses dados, auxiliar os gestores de projetos a alcançarem os objetivos delineados.

Através destes indicadores, todos os colaboradores da empresa ficam envolvidos na missão e filosofia da empresa com o foco em alinhar os esforços em torno das estratégias estabelecidas por gestores de topo. É uma ferramenta importante para os sistemas de controlo de gestão, dando suporte às equipas de planeamento e controlo do processo (Arora & Kaur, 2015).

Estes indicadores dividem-se em qualitativos e quantitativos, realizados através de um certo *software*, como por exemplo o *excel*, ou manualmente. Os KPI servem de comunicação entre os gestores e os operadores, estabelecendo metas e objetivos claros,

fornecendo um *feedback* constante de vários parâmetros do processo operativo em análise.

Tal como é referido em Meier e outros (2013), os KPI's têm as seguintes funções:

- Suporte ao planeamento em várias áreas, como estratégia e financeira;
- Requisito para estabelecer metas e controlar a sua implementação;
- Base para tomada de decisão dentro de uma empresa;
- Incentivos especialmente para a gestão de top, mas também funcionários.

Todas as organizações têm o dever de usar eficazmente os seus recursos, assegurando sustentabilidade a longo-prazo. Com isto, uma das melhores formas é usar ferramentas que possibilitam tomadas de decisão com base na análise dos dados, tornando os processos mais eficientes, tal como é o caso destes indicadores (Haber & Schryver, 2019). Os KPI estão diretamente ligados ao departamento financeiro, mas são muitas vezes adaptados à gestão operacional (de processo) em termos da monitorização da eficiência/eficácia nas equipas como é realçado neste documento.

2.5 – Análise de risco / Matrizes de Risco

O risco é sempre entendido como algo que está associado a decisões futuras, em que para as realizar é necessário uma análise prévia desse mesmo risco. A análise de risco é uma das etapas fulcrais nas ferramentas usadas por gestores de topo nas suas decisões, em que consiste na avaliação da probabilidade de um perigo ocorrer e no cálculo do seu possível impacto. O risco nunca pode ser eliminado, o que se pode fazer é reduzir ao máximo as consequências desse mesmo risco. A avaliação da probabilidade de ocorrência de um risco e as suas respetivas consequências é fundamental para determinar uma estratégia de prevenção que forneça prioridades de atuação aos riscos mais prováveis ou mais graves.

Todos os projetos possuem riscos, logo a abordagem da matriz de risco é uma ferramenta bastante utilizada por gestores e analistas do processo. Essa matriz, tal como é descrito na figura 6, é uma ferramenta que identifica, qualitativamente, a severidade e a probabilidade de um certo risco ocorrer. A matriz é composta por dois eixos, onde um deles mede a probabilidade de acontecimento de um incidente específico e o outro mede o nível de severidade das suas consequências (Ball & Watt, 2013).

Likelihood	Consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Severe
Almost certain	5	10	15	20	25
Likely	4	8	12	16	20
Possible	3	6	9	12	15
Unlikely	2	4	6	9	10
Rare	1	2	3	4	5

Figura 6 - Matriz de Risco

Fonte: (Ball & Watt, 2013)

Em Ni e outros (2010), a matriz de risco é descrita como uma ferramenta semi-quantitativa com o objetivo de analisar diversos tipos de risco com base em dados históricos e conhecimento técnico do processo em análise. Ball e Watt (2013) identificam uma certa subjetividade presente nas matrizes de risco e refere que se as decisões tomadas através de uma análise de risco, usando a matriz, forem inconsistentes, a razão pode ser devido ao facto de não se ter enunciado os riscos lógicos. No mesmo documento, relata o facto de as matrizes terem como base a análise de indicadores de risco e com isso, auxiliar na priorização de ações na gestão dos processos.

A matriz de risco é utilizada para dar prioridade a ações e quais os tipos de abordagem a ter em relação à prevenção do risco. Algumas das suas qualidades são a simplicidade e um grande poder de comunicação visual, disponibilizando dados e informação de forma comum a todos os colaboradores. As matrizes servem também para determinar se um dado risco é ou não é aceitável.

3 – Empresa Ria Blades

3.1 – A empresa

A Ria Blades, S.A é uma das duas empresas produtoras de pás para turbinas eólicas em Portugal, a par com a Enercon em Viana do Castelo. Neste momento, a Ria Blades produz a totalidade dos modelos para instalação em terra do grupo empresarial Senvion, e encontra-se instalada no Parque Empresarial de Soza, no concelho de Vagos, distrito de Aveiro.

A Senvion é uma das maiores empresas produtoras de aerogeradores a nível mundial. É uma empresa alemã que no ano de 2014 detinha cerca de 5,1% do mercado mundial. As turbinas produzidas pelo grupo estão presentes em todos os continentes, exceto o africano, onde a maior parte das turbinas têm como destino final países como a Alemanha, França e Reino Unido. Para além da produção, a empresa presta também serviços de manutenção a aerogeradores, com parques eólicos instalados por todo o mundo.

A Senvion está presente em Portugal desde 2004. Com aproximadamente 450 MW de aerogeradores instalados no país, a Senvion oferece soluções personalizadas para os projetos em Portugal, dispondo de produção de pás, *nacelles* e *hubs* localmente e de uma equipa capaz de proporcionar as melhores soluções de engenharia, nomeadamente na localização, construção, transporte, instalação, e serviço de operação e manutenção. Desde 2014, é líder absoluto de mercado em novas instalações em Portugal.

A Ria Blades nasceu na sequência da concessão à Ventinveste do concurso público internacional lançado pelo governo português em 2007. Surge como entidade empresarial nesse ano, iniciando atividade dois anos depois com o recrutamento dos primeiros quadros, tendo em maio desse ano recrutado os primeiros operadores. Foi em 2009 que se deu o início da construção das suas instalações e formação dos colaboradores. A primeira pá foi produzida no ano seguinte com o tamanho de 45,2 metros.

A Ria Blades, S.A, conta atualmente com cerca de 1100 colaboradores, e é a principal entidade empregadora no concelho.

Em 2011 dá saída o primeiro set de pás produzido pela empresa e se produz a pá número 100 do modelo RE45.2, o único produzido em série até então. No ano seguinte, dá-se o início à produção de um novo modelo, o RE50.8. Já em 2013, o número de pás de 45,2 metros ultrapassa as 1000 e surgem dois novos projetos, o RE55.8 e o RE59.8 (protótipo). No ano de 2015, a Ria Blades contava já com 9 moldes de pás, realizando

ainda o arranque de um novo projeto: o RE40. Neste momento, a empresa produz 6 modelos diferentes: RE 45.2, 55.8, 59.8, 63.7, 68.5 e 74.4. Com o objetivo de diminuir os custos e aumentar a sua sustentabilidade, a empresa decide instalar uma turbina eólica dentro do seu espaço fabril, onde a energia gerada seria usada para autoconsumo, sendo assim pioneira nesta tecnologia eficiente em Portugal.

Como mostra a figura 7, a fábrica assume um posicionamento estratégico, dado a sua localização, junto à autoestrada A-17, o que permite uma expedição facilitada, dadas as dimensões finais das pás.



Figura 7 - Fotografia aérea da Ria Blades

Em Outubro de 2019, a empresa Ria Blades é comprada pelo grupo Siemens Gamesa, sendo ele um dos maiores fornecedores de equipamentos eólicos do mundo. Durante os meses de desenvolvimento deste trabalho, a Ria Blades fazia parte do grupo Senvion, mas no final do ano de 2019, passou a fazer parte do grupo Siemens Gamesa.

3.2 – Produto e Processo produtivo

3.2.1 - Definição dos eixos da pá

Tal como é descrito nos documentos de especificação emitidos pela Senvion, os eixos da pá eólica caracterizam-se através da disposição ilustrada na figura 8.

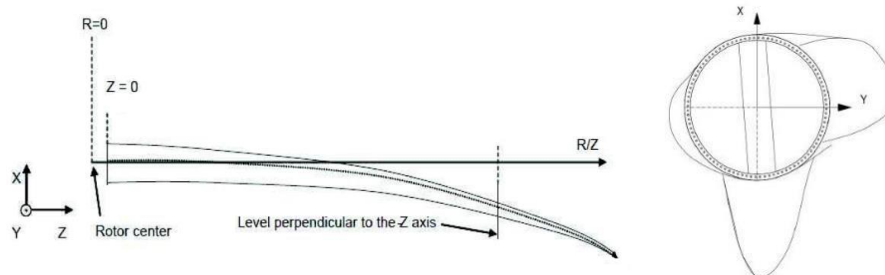


Figura 8 - Eixos da pá (Fonte: Documentação interna da empresa)

Tendo como referência a zona de montagem da pá na turbina, tem-se as várias medidas e distâncias baseadas nas seguintes métricas:

- A dimensão no eixo Z define o comprimento longitudinal da pá;
- No eixo Y é medida a deflexão lateral em relação ao plano da base de montagem (desvio longitudinal);
- Em X, é medida a deflexão estática do corpo da pá.

3.2.2 - Modelos e designações dos projetos

Os vários projetos partilham grande parte das configurações dos materiais usados, bem como dos próprios materiais constituintes. O que varia são algumas especificações dos diferentes modelos.

A sigla “RE”, que identifica cada modelo, remete para o proprietário do projeto a REpower (atual Senvion), mas nos projetos mais recentes já se pode verificar a sigla “SE” de Senvion. A identificação dos vários projetos contém a sigla inicial, como explicado anteriormente, seguido do tamanho do modelo, como se pode verificar na figura 9. Neste documento vai-se analisar o projeto RE68.5, isto é, uma pá com 68,5 metros de comprimento.

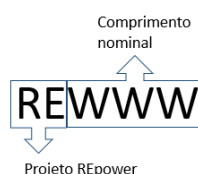


Figura 9 - Designações dos Projetos

3.2.3 – Turbina Eólica

O Homem aproveita a força gerada pelo vento desde a antiguidade. Acredita-se que os primeiros a usá-la foram os egípcios, por volta de 5000 A.C, nos seus barcos à vela para auxiliar os escravos na força dos remos, no transporte das suas mercadorias. Foi com os persas que se começou a construir moinhos de vento verticais com o objetivo de ajudar na moagem dos grãos de cereais (Matheus Muller, 2015).

Entretanto, os holandeses, e depois os ingleses, melhoraram o funcionamento dos moinhos que passaram a operar em eixo horizontal. No século XX, iniciou-se a produção de eletricidade a partir da força do vento, com geradores capazes de diversas potências. Depois da segunda guerra mundial, os geradores eólicos começaram a ser descartados devido ao baixo custo de produção de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis. Nos anos 70, a crise do petróleo e o aumento do interesse pela sustentabilidade ambiental, originaram a subida outra vez do uso da energia eólica (Caser & Paiva, 2016).

Com o surgimento do protocolo de Kyoto em 1998, o recurso a esta tecnologia tem vindo cada vez mais a ser adotado por grande parte dos países. Na figura 10 pode-se observar a evolução das instalações totais dos últimos anos de turbinas eólicas em GW.

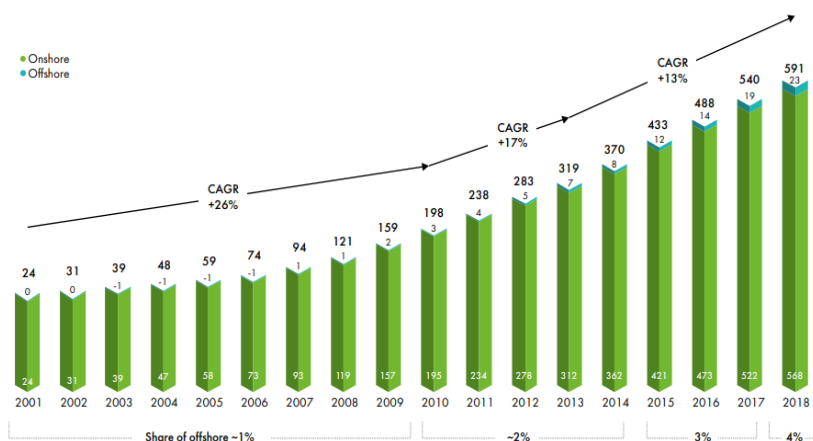


Figura 10 - Histórico das instalações totais de turbinas eólicas em GW

(Global Wind Report, 2018)

3.2.4 – Constituição da pá eólica

Uma turbina eólica é uma máquina rotativa que converte a energia cinética do vento em energia mecânica. A turbina converte essa energia mecânica em eletricidade através de geradores e conversores. As turbinas podem ser de eixo vertical, sendo máquinas tipicamente pequenas e menos eficientes devido à resistência aerodinâmica e de eixo horizontal, sendo estas as que são abastecidas pelas pás eólicas fabricadas na empresa Ria Blades. As turbinas são formadas pelo conjunto de três pás (*set*), pela torre que serve de suporte e pela *nacele* contendo vários componentes como descrito na figura 11.

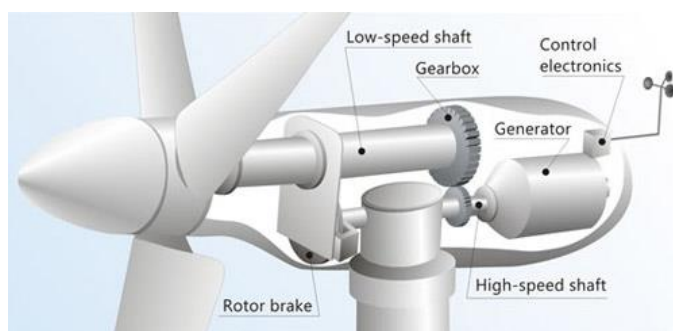


Figura 11 - Componentes da *nacele*

As pás eólicas são os elementos mais importantes de uma turbina eólica, pois têm a missão de “capturar” a energia do vento e com ajuda do conversor transformá-la em energia mecânica. As pás são desenhadas com o objetivo de capturar o máximo de energia, de minimizar a carga e as vibrações na turbina, de operar a temperaturas entre os

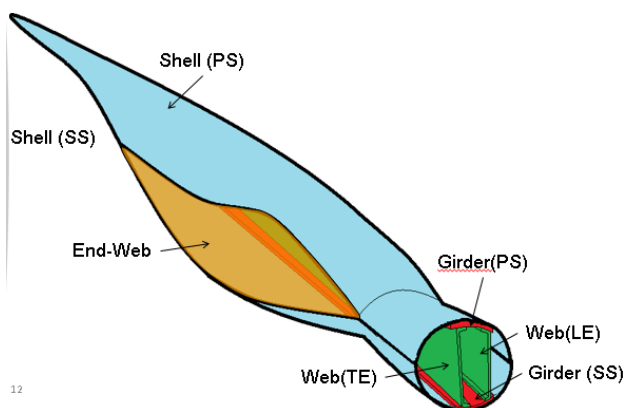


Figura 12 - Principais componentes da pá eólica
(Fonte: Documentação interna da empresa)

-40°C e +40°C, terem um tempo médio de vida entre 20 e 25 anos e pesarem o menos possível.

Tal como descrito na figura 12, os principais componentes de uma pá eólica são as duas *Main Shells*, *Pressure Side* e *Suction Side* (PS e SS), as *girders* (PS e SS) respetivas aos dois lados e as *webs*, sendo elas do *Trailing Edge* ou *Leading Edge* (TE e LE). As *webs* e as *girders* estão representadas nas figuras 13 e 14, respetivamente.

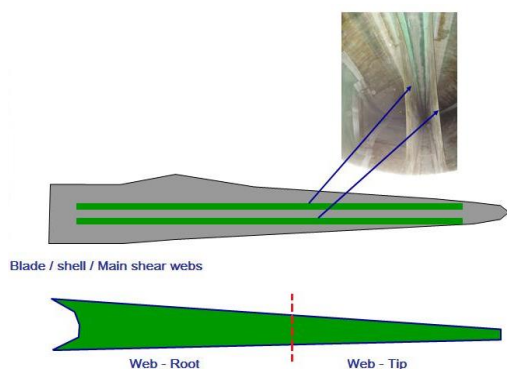


Figura 13 - Web TE e LE

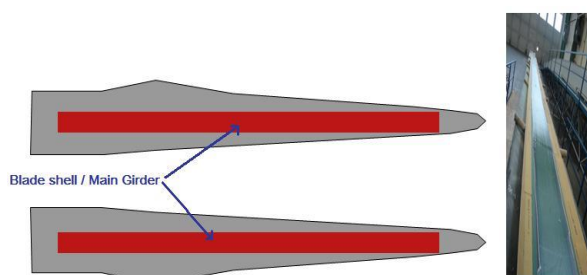


Figura 14 - Girder SS e PS

Os *pre-fabs* são todos os componentes que irão fazer parte da *main shell*, isto é, os que constituem o “corpo” e dão estrutura à pá. De entre estes componentes tem-se, as *girders* e as *tegs*, que são colocadas junto das fibras para dar estabilidade à parte externa (casca ou carapaça) da pá. As *root-joints*, tal como o nome indica, são a raiz da pá, isto é, os primeiros metros, onde as características são diferentes do resto do comprimento, de modo a darem suporte a toda a peça, como é representado na figura 15. Outro pré-fabricado bastante importante são as *webs*, sendo elas que garantem que

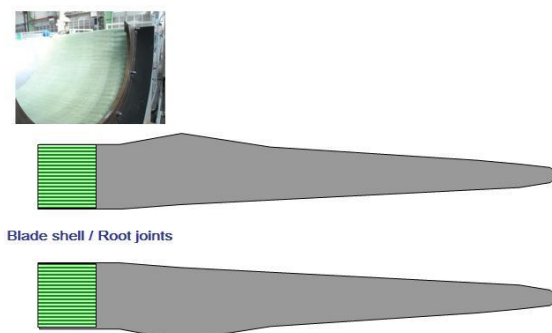


Figura 15 - Root-Joints

a *main shell* não colapse, ou seja, são as peças que estão no interior da pá, e que ligam o lado SS (*suction side*) com o lado PS (*pressure side*) da *main shell*.

Na figura 16, está apresentado um esquema do processo de montagem de uma pá eólica, estando visíveis os vários componentes, pré-fabricados que fazem parte do processo produtivo e à esquerda uma imagem da pá fechada, originando assim o produto final que sai do armazém dos moldes, sendo ele a *main shell* (MS).

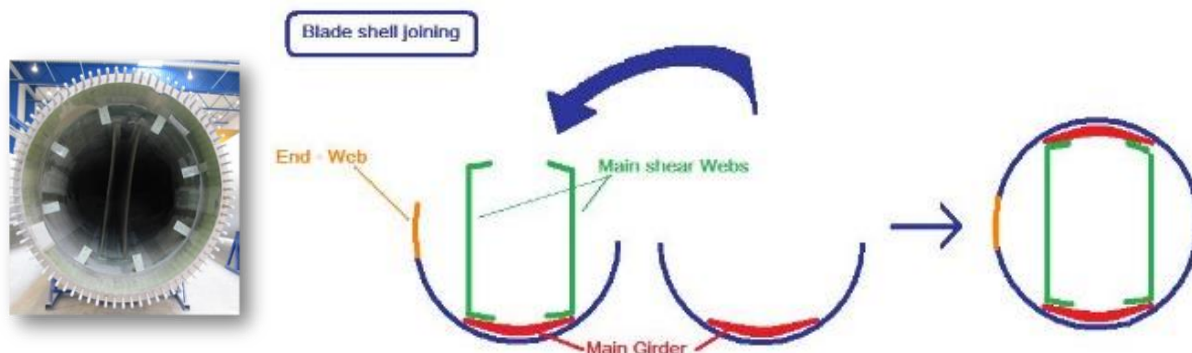


Figura 16 - Fecho da pá eólica (Fonte: Documentação interna da empresa)

A figura 17 representa os pontos mais importantes na aerodinâmica da pá eólica. O ar flui na direção do flanco ascendente (LE) da pá. No *Leading Edge*, o fluxo de ar divide-se em dois, fluindo ao longo de ambos os lados da pá, sendo que com mais rapidez na face inferior. Assim, o ar espalha-se de uma forma mais fina na superfície reduzindo a sua densidade e pressão na superfície de “sucção” (face inferior).

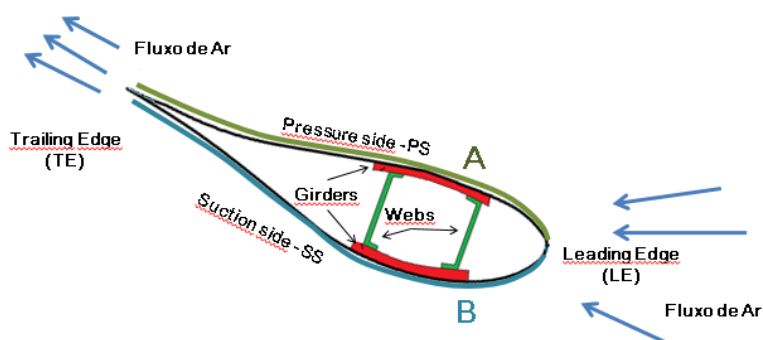


Figura 17 - Aerodinâmica da pá eólica (Fonte: Documentação interna da empresa)

Apesar das pás serem construídas com materiais não condutores de eletricidade, elas podem ser atingidas por raios, pelo que a falta de proteção pode causar danos significativos na pá. Assim, todas elas são equipadas com um sistema de proteção anti

raios. Este sistema consiste num recetor de alumínio, que atrai o raio, e é montado na ponta de cada pá, sendo esse recetor ligado, através de um cabo, à raiz onde o cabo tem ligação com a turbina e o seu sistema de ligação à terra, o que por sua vez conduz a descarga, em segurança, até ao solo.

3.3.5 – Processo produtivo

O processo produtivo divide-se em dois, sendo o primeiro a produção da pá colada no armazém dos moldes e o segundo a produção da pá acabada no armazém dos acabamentos. O conjunto das operações realizadas em cada armazém é facilmente perceptível pela sua designação.

A manufatura da pá colada tem o seguinte modelo:

1. Em primeiro lugar, é realizado uma limpeza do molde dos restos de materiais que ficam aquando da produção da pá anterior, principalmente resina e restos de fibra de vidro. Nesta fase é aplicado um agente desmoldante para facilitar a desmoldagem da pá colada e o *gel coat* que protege a zona externa da pá.
2. As fibras de vidro são depositadas em camadas, de acordo com as especificações de cada componente, juntamente com a colocação de balsa e espuma, criando um núcleo reforçado, auxiliando na consistência da pá. Entre o *layup* externo e interno, são colocados alguns pré-fabricados como as *girders* e as *tegs*.
3. É realizada a infusão de uma matriz de resina epóxi com endurecedor, sendo uniformemente dispersada por toda a peça, pela ação de vácuo.
4. Nesta fase, as peças sujeitam-se a um processo de cura, sendo ele realizado através do aquecimento controlado dos moldes. Ocorre assim a solidificação da matriz colocada anteriormente e a peça fica mais resistente.
5. Neste passo, é colocada a cola no centro do lado SS para a fixação das *webs* e o passo seguinte é a colocação de cola na parte superior das *webs* para a colagem do molde do lado PS sobre o lado SS (tal como é descrito na figura 18).
6. Por último, o processo de cura da pá fechada é mais uma vez originado pelo aquecimento dos moldes. A pá colada é posteriormente desmoldada e transportada até ao armazém dos acabamentos.

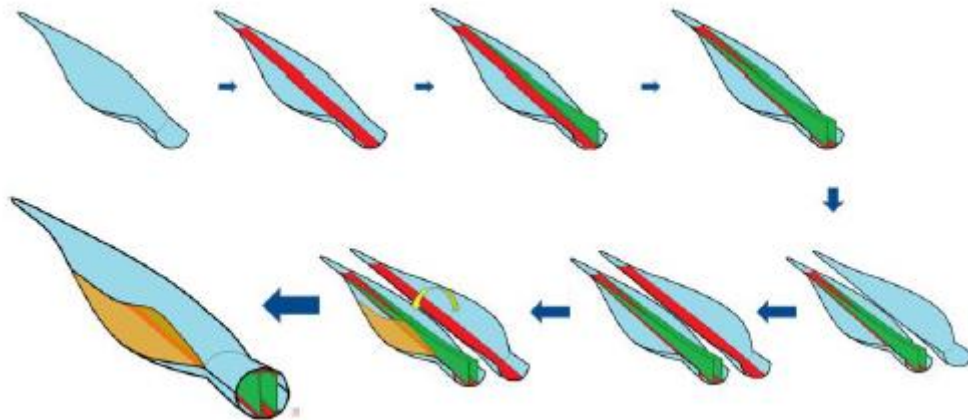


Figura 18 - Processo de fabrico da pá colada

Terminado o processo anterior, a pá colada é transferida para o armazém dos acabamentos onde decorrem todas as operações que vão desde a chegada da pá ao armazém até ao produto acabado e pronto para expedição.

A produção da pá acabada tem o seguinte modelo:

- Posição 0 – Nesta primeira fase ocorrem cortes e desbastes dos materiais em excesso, tal como restos de cola e fibra. Ainda no mesmo local, ocorre o despolimento da superfície com um robot.
- Posição 1 – Ocorre a preparação e laminação de reforços nos lados de junção das duas partes da pá (TE e LE). Em simultâneo, é realizado o despolimento da superfície e a colocação de massas ao longo dos primeiros metros, principalmente na *root-joint* (figura 19). O percurso de drenagem é furado também nesta posição.
- Posição 2 – Preparação da superfície para aplicação de massas. É realizada a retificação de insertos e preparação e aplicação de *vortex's*.



Figura 19 - Posição 1 e 2

- Posição 3 – Inicialmente, os reforços colocados na posição anterior são curados. Ocorre a pintura das várias zonas da pá em três camadas. Montagem de vários componentes que combatem o ruído (*Tabs*, *serrations* e alguns *vortex's*) e também da RCO (estrutura em fibra de vidro que “tapa” o interior da pá eólica) e anel defletor como se pode verificar na figura 20.
- Posição 4 – Nesta última fase, é realizado a pesagem, a calibração e a identificação do produto final. Por fim, a peça está pronta para ser transportada.



Figura 20 - Posição 3 e 4

Após a peça ter passado por todas as posições, está pronta a ser transportada por camiões próprios para o porto de Aveiro, com destino aos parques eólicos.

4. Caso de Estudo

O processo fabril da Ria Blades é constituído por dois armazéns, onde num é produzida a pá colada (moldes) e no outro é produzida a pá acabada (acabamentos). Neste sentido, este trabalho foi dividido em duas partes, a primeira refere-se às atividades desenvolvidas no âmbito do armazém dos moldes, e a segunda no âmbito do armazém dos acabamentos.

4.1 – Análise da situação inicial

Nesta fase do trabalho, o objetivo inicial foi mapear todo o processo de fabrico da pá colada do projeto RE68.5 (pá de 68.5 metros), usando uma linguagem de gestão de processos de negócio, o BPMN (*Business Process Model Notation*). Com esta ferramenta, foi assim obtido o mapeamento padrão do processo, como se pode observar na figura 21, e que é acessível a todos os departamentos da empresa.

Para se obter o mapeamento, foi usado o software *Signavio Process Manager* (versão académica) para realizar a modelação do processo. Esta linguagem tem a vantagem de ser mais completa que um simples fluxograma, fornecendo dados extras que não seriam possíveis sem a utilização desta ferramenta.

Na figura 21 encontra-se o diagrama obtido, que se encontra dividido em duas partes, pois ele é bastante extenso. Inicialmente encontra-se a preparação do molde, seguido do *layup* das fibras e da colocação dos pré-fabricados. Estes são subprocessos que se dividem também em tarefas mais pequenas. Posteriormente ocorrem todos os processos pertencentes ao processo produtivo da pá colada, como a infusão de resina nas fibras de vidro e a colagem de pré-fabricados. No diagrama estão representados diversos momentos de inspeção de qualidade, onde o resultado pode ser OK ou NOK (*Not OK*). No primeiro caso, o processo continua a sua sequência e passa para a tarefa seguinte, enquanto no segundo caso, repete-se o processo anterior ou ocorre a necessidade de retrabalho ou reparações. Um aspeto importante desta modelação é a criação de RDR (relatórios de desvios e reparações) sempre que ocorre um retrabalho. Esta documentação (RDR) será importante de analisar, aquando da realização de trabalhos futuros. Em suma, o processo inicia-se com a preparação do molde e pode acabar de duas formas: ou ocorre a movimentação da peça para a secção dos acabamentos, ou a peça é considerada sucata, o que, neste caso, acarreta enormes custos financeiros para a empresa.

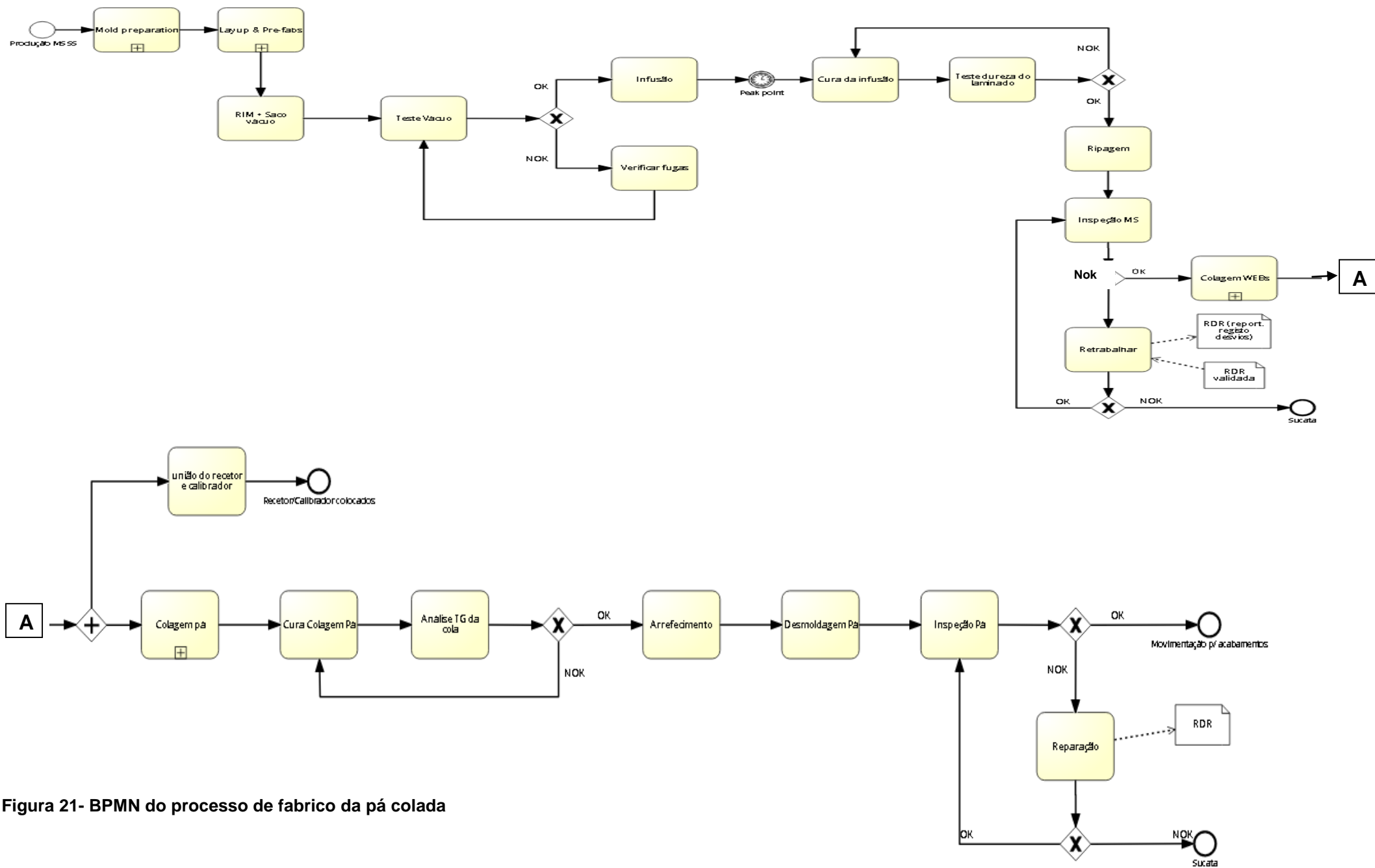


Figura 21- BPMN do processo de fabrico da pá colada

Após esta primeira tarefa, o trabalho realizado na empresa, passou por acompanhar a equipa de engenharia nas deslocações diárias ao processo fabril, e por recolher dados de tempos de processamento dos diversos processos. Esses dados recolhidos incluem os tempos de ciclo e os tempos de mão-de-obra direta da pá colada, dos pré-fabricados, dos cortes de fibra e dos *kits* logísticos. Cada engenheiro de processo, no armazém dos moldes, é responsável por uma secção do processo de fabrico da pá, estando este processo produtivo dividido maioritariamente em pré-fabricados (*webs*, *tegs*, *girders*, etc) e pá colada.

O processo de compilação dos tempos de processamento (tabela 3), passou inicialmente por serem recolhidos e resumidos os dados fornecidos pela equipa de engenharia de processo e, como forma de completar a tabela, foram também registados os tempos recolhidos no período inicial do trabalho. Os dados de base fornecidos pela equipa de engenharia estão presentes no anexo D e são baseados em dados históricos de outros projetos desenvolvidos pela empresa (pás de diferentes tamanhos) em conjunto com o acompanhamento presencial na linha de produção, principalmente na fase de industrialização (primeiras 10 pás) do projeto. O preenchimento da tabela 3 foi essencial para a realização do relatório interno do projeto na empresa e um documento chave para um conhecimento inicial de todo o processo fabril (mapeamento).

Para além dos tempos de ciclo para a produção da pá colada (objetivo principal do trabalho) e dos tempos de ciclo para a produção dos pré-fabricados, os dados recolhidos/calculados, serviram também para a análise dos tempos de processamento dos cortes de fibra, tanto os cortes manuais (horas-homem) como os cortes realizados nas máquinas de corte (horas-máquina). Os cortes são realizados pelo departamento de logística, que é também responsável pelo abastecimento dos diversos rolos de fibra nos carros logísticos (figura 22), sendo depois distribuídos pelos moldes de acordo com a BOM (*Bill of Materials*).



Figura 22 - Carro de abastecimento logístico

Para um melhor conhecimento do processo fabril, foi também realizado um levantamento dos tempos de processamento das preparações dos *kits* no armazém logístico. Estes *kits* são constituídos pelos materiais necessários para realizar a infusão da resina na pá colada e nos pré-fabricados, tal como as mangueiras e “*tacky tape*” para isolar a ligação entre essas mangueiras de infusão, de modo a não deixar espaços para a entrada de ar, pois a infusão é feita a vácuo. Este levantamento foi realizado no armazém logístico, usando para isso um cronómetro.

Na tabela 3 é possível observar todos os tempos de ciclo e tempos de mão-de-obra direta (MOD) obtidos, relativamente ao projeto RE68.5. As primeiras duas colunas de valores descrevem os tempos MOD em minutos e a respetiva conversão em horas na coluna seguinte. Estes tempos refletem as horas-homem e horas-máquina de cada componente/processo integrado na produção da pá. As duas colunas finais são referentes aos tempos de ciclo dos vários componentes/processos em minutos e em horas. As ferramentas de “métodos e tempos” utilizadas, tal como os registos dos quadros de seguimento (instalados junto aos processos), os tempos obtidos com o cronómetro e as observações registadas pela máquina de filmar, auxiliaram na construção da tabela de compilação dos dados.

Como se pode verificar na tabela 3, no início do projeto em estudo, a pá colada estava com 33,83 horas de tempo de ciclo. Comparando com os restantes processos, é facilmente visível que a produção da pá colada é o processo com maior tempo de ciclo, e conseqüentemente o que irá afetar drasticamente o Lead Time da produção da pá colada. Como resultado, foi considerado que a produção da pá colada é o “processo-gargalo”, pelo

que o objetivo seguinte do trabalho foi reduzir esse tempo para 24 horas, e com isso, atingir o objetivo principal deste estágio.

Tabela 3 - Compilação de tempos de ciclo e MOD no fabrico da pá colada e seus componentes

	Operações	MOD [min]	MOD [h]	Tempo de ciclo [min]	Tempo de ciclo [h]
	Pá Colada	26310	438,50	2030	33,83
RJ	RJ SS	2295	38,25	1435	23,92
	RJ PS	2295	38,25	1435	23,92
Pré-Fabricados	Girder SS	3100	51,67	845	14,08
	Girder PS	3100	51,67	845	14,08
	Web HK	2445	40,75	825	13,75
	Web VK	2385	39,75	810	13,50
	TEG SS	2415	40,25	820	13,67
	TEG PS	2415	40,25	820	13,67
	Regua Brackets	140	2,33	405	6,75
	RCO	395	6,58	490	8,17
	Calibrador	115	1,92	360	6,00
	Trapezio	65	1,08	210	3,50
	Vedante RJ Macho	85	1,42	155	2,58
	Vedante RJ Femea	50	0,83	120	2,00
	Cobertura Cabo Elétrico	115	1,92	250	4,17
Cortes de Fibra (máquina)	Marcada Biax MS	6390	106,50	710	11,83
	Marcada UD MS	3240	54,00	360	6,00
	Marcada Webs	1710	28,50	190	3,17
	Marcada BX35% + UD32%	480	8,00	120	2,00
	Marcada BX50% RJ	80	1,33	20	0,33
	Marcada UD32%	480	8,00	120	2,00
	Marcada Strips de resina RJ	120	2,00	120	2,00
	Marcada Flow Mesh	360	6,00	60	1,00
	Marcada CM MS	200	3,33	40	0,67
	Marcada Bracket's	80	1,33	10	0,17
	Marcada TEG's	240	4,00	120	2,00
	Marcada BC	120	2,00	60	1,00
	Marcada WEB's REF	30	0,50	15	0,25
Cortes manuais	Corte Manual RCO	50	0,83	50	0,83
	Corte Manual Calibradores	5	0,08	5	0,08
	Corte Manual WEB's - PPLY	20	0,33	20	0,33
	Corte Manual EndWeb - PeelPly	10	0,17	10	0,17
	Corte Manual Acabamentos	20	0,33	20	0,33
	Corte Manual acab - Ref webs	20	0,33	20	0,33
Preparações no armazém logístico	Kit Mangueira Infusão Shell SS	60	1,00	60	1,00
	Kit Mangueira Infusão Shell PS	60	1,00	60	1,00
	Kit Mangueira Infusão Girder SS	15	0,25	15	0,25
	Kit Mangueira Infusão Girder PS	15	0,25	15	0,25
	Kit Mangueira Infusão Web HK	15	0,25	15	0,25
	Kit Mangueira Infusão Web VK	10	0,17	10	0,17
	Kit infusão TEG SS	10	0,17	10	0,17
	Kit infusão TEG PS	12	0,20	12	0,20
	Kit infusão TEBC	0	0,00	0	0,00
	Kit Mangueira Infusão RCO	5	0,08	5	0,08
	Kit Mangueira colagem webs+Pá	40	0,67	40	0,67
	TOTAL	93723	1562,04		

4.2 – Análise do processo de fabrico da pá colada

Neste subcapítulo será abordada a forma como os dados foram recolhidos para depois ser feita a análise e tratamento dessa informação, no que diz respeito ao processo produtivo de fabrico da pá colada. A metodologia de recolha de dados utilizada nesta fase é tão importante como a própria contagem dos tempos, pois os tempos são influenciados pelas condições em que o trabalho é praticado.

Numa primeira fase, foi realizado um levantamento da situação inicial no que diz respeito às gamas operatórias no caso dos tempos de ciclo e dos tempos MOD (horas-homem e horas-máquina) para todos os processos. Depois de estarem delineados e compilados os dados da situação inicial das gamas operatórias, foram decididas as técnicas de medição que iriam ser as mais adequadas para o trabalho e objetivo em questão (redução do tempo total de ciclo na produção da pá colada).

4.2.1 - Tempos de ciclo

i) Recolha e análise de dados da fase inicial

Relativamente à recolha dos tempos de ciclo, a técnica principal usada para realizar o registo destes tempos foi a cronometragem, sendo ela a mais comum e de maior utilização no estudo dos tempos, dentro da filosofia de “métodos e tempos”. Este método é de fácil compreensão e implementação, capaz de ser aplicado a todos os processos ou tarefas inerentes ao processo produtivo da fábrica. A metodologia utilizada para a recolha e análise dos dados divide-se assim em três etapas fundamentais: preparação do estudo, cronometragem dos tempos de processamento e depois a análise dos resultados obtidos.

Para dar início ao registo dos dados, foi previamente estabelecido o contacto com o responsável da área de produção onde este estudo se inseria, sendo ele o diretor de produção. Foi também estabelecido contacto com as equipas do projeto em estudo (RE68.5), estando estas divididas por turnos, e com os respetivos supervisores dos moldes. Seguidamente, foi transmitida informação às equipas sobre o trabalho que seria realizado, de modo a garantir a normalização das condições de execução, não deixando que estas condições influenciassem o registo, impedindo assim que a variabilidade pudesse influenciar a recolha de dados.

No geral, o processo de recolha de dados dividiu-se em três grandes grupos (subprocessos), ficando cada uma das três equipas responsável pelas tarefas de um subprocesso. Assim, o turno da noite, que começa a trabalhar às 22h30 e que acaba às

06h00, é responsável pelo *layup* das fibras de vidro, pela colocação do core (balsa e espuma) e de alguns pré-fabricados, e pela infusão da resina a vácuo. O turno da manhã, que entra às 06h00 e sai às 14h30, é responsável pelo subprocesso de colagem. O turno da tarde, que entra às 14h30 e sai às 22h30 é responsável pelo subprocesso de desmoldagem, que também realiza a preparação do molde para a produção da próxima pá. A divisão das tarefas por equipa pode ser observada na tabela 4.

Tabela 4- Divisão das operações por equipas/turnos

Desmoldagem (Turno da tarde)	Cura Pá
	Abertura Molde
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá
	Limpeza Molde
	Aplicação desmoldante
	Secagem desmoldante
	Fitas e Aplicação gelcoat
	Cura gelcoat + Root
Layup/Infusão (Turno da noite)	Lay-up externo SHELL
	Colocação Girder + TEG
	Balsa/Espuma
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC
	Peel-Ply + Folha desmoldante
	Green Mesh + Canais resina
	Saco vácuo 1 + 2
	Estabilização + Teste vácuo
	Infusão
	Peak Point + Rumping + Início Cura
Colagem (Turno da manhã)	Cura Infusão
	Ripagem + Controlo Qualidade
	Ripagem Girder + Teste seco Web's SS
	Aplicação Cola SS
	Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores + Teste condutividade
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem
	Teste seco PS
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply
	Aplicação Cola PS
	Limpeza de Cola
	Rump Up + Início Cura Pá

Na recolha dos dados, foram usados três equipamentos principais: um cronómetro, uma máquina de filmar e os quadros de seguimento (QS). Estes últimos são colocados tanto na linha de produção (figura 23 a), onde são preenchidos pelos próprios

colaboradores, como numa prancheta, onde é feito um registo paralelo por parte do analista de “métodos e tempos” (figura 23 b).



a)

DATA: _____		PEÇA nº _____		OP. NÚMERO: _____	
HORA	OPERAÇÃO	OBJ	REAL	COMENTÁRIOS	
	Limpeza molde	30	30		
	Aplicação desmoldante	20	50		
	Secagem desmoldante	15	65		
	Fitas e Aplicação gelcoat	30	95		
	Cura gelcoat + Root	60	155		
	Lay-up externo SHELL	90	245		
	Colocação Gílder + TEG	70	315		
	Balsa/Espuma	90	405		
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	100	505		
	Peel-Ply + Folha desmoldante	30	535		
	Green mesh + Canais resina	40	575		
	Saco vácuo 1 + 2	60	635		
	Estabilização+Teste vácuo	90	725		
	Infusão	110	835		
	Peak Point + Rumping + Cura	260	1095		
	Ripagem+Controlo Qualidade	50	1145		
	Ripagem Gílder + Teste seco Web's SS	30	1175		
	Aplicação Cola SS	30	1205		
	Remoção do excesso da cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores +Teste conductividade	150	1355		
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	90	1445		
	Teste Seco PS	25	1470		
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	40	1510		
	Aplicação Cola PS	30	1540		
	Limpeza de Cola	80	1620		
	Rump up + Cura Pá	260	1880		
	Abertura Molde	30	1910		
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá	90	2000		
TOTAL (incluindo)		2000	33,3		

b)

Figura 23: Quadro de seguimento – a) QS no molde: b) QS na prancheta

É bastante importante englobar todos os colaboradores nestes registos de tempos, pois, sendo um processo bastante demorado, e com tempos de ciclo superiores a 24 horas, torna-se complicado o analista conseguir registar observações do processo completo. Na figura 23 a), pode-se encontrar o quadro de seguimento que está colocado na própria estrutura do molde, onde os colaboradores preenchem os valores de tempo de processamento da tarefa em questão.

Durante o horário laboral, foi realizada diariamente a cronometragem de algumas tarefas, completando e corrigindo assim os dados registados pelos colaboradores nos quadros de seguimento presentes na linha de produção (molde). Como referido anteriormente, sendo a produção da pá colada um processo demorado, era complicado fazer esta análise sem se estar presente nos diversos turnos, e fazer o registo de tempos da equipa ou de um subprocesso completo, o que foi realizado no decorrer deste trabalho.

Durante o horário geral de funcionamento da empresa, é possível visualizar certas tarefas, podendo-se encontrar oportunidades de melhoria que auxiliem na redução do tempo de ciclo. No entanto, muitas das operações são realizadas quer no turno da noite quer no turno da manhã, o que não coincide com o horário geral. Para colmatar essa falha, foi necessário, durante este período, a presença noutros turnos para se obter o registo de dados completo. Por outro lado, esta presença também serviu para ganhar a confiança dos operadores, garantindo assim que o registo fosse fidedigno e real.

Outras das técnicas de recolha de dados utilizadas foi a filmagem, usando-se câmaras de vídeo, para visualizar tarefas que não seriam possíveis observar dentro do horário geral. Para isso, foi necessário criar uma ficha de filmagem, onde os operadores das equipas a serem filmados assinaram um documento de como tomaram conhecimento do uso que seria dado às filmagens. O objetivo destas filmagens era encontrar ineficiências ou oportunidades de melhoria no processo de fabrico global da pá colada, sem exigir a presença física no local a todas as horas.

As máquinas de filmar usadas foram semelhantes às tradicionais *GoPro*, com suportes para adaptação ao meio onde iriam ser colocadas. Uma delas foi colocada na estrutura do molde adjacente de outro projeto na empresa, com visão bastante ampla para o molde que contém o projeto em estudo, tal como representado na figura 24 (b e c).

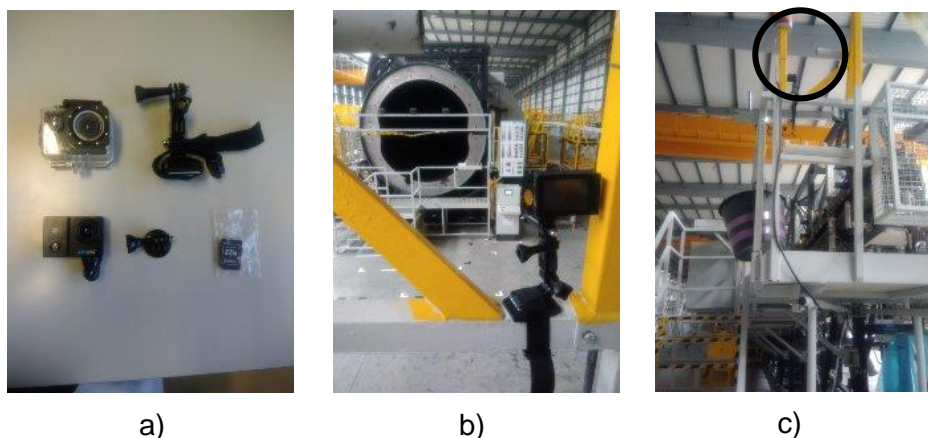


Figura 24: Ferramentas de filmagem e posição no molde – a) máquina de filmar; b) posição 1; c) posição 2

Com estas filmagens foi possível encontrar algumas oportunidades de melhoria que viriam a ser discutidas em reuniões programadas para o efeito, e com o intuito de atingir o objetivo das 24 horas de tempo total de ciclo para a produção da pá colada no projeto RE68.5.

Depois de se conhecerem os processos de produção da pá, o foco foi o fabrico da *main shell* (pá colada), pois este é o processo que tem um maior tempo de ocupação de

molde e, conseqüentemente, o que mais afeta o Lead Time geral da pá. A otimização desse processo terá como consequência uma diminuição efetiva do tempo de processamento da pá colada.

A produção da pá colada está dividida em três grandes grupos: *layup*/infusão, colagem e desmoldagem. Para tornar mais simples e direta a análise deste processo, foi realizado um agrupamento de tarefas. Esse acoplamento de tarefas teve em vista a divisão das operações por turnos, pelo que se dividiu em três equipes: a de *layup* e infusão; a de colagem; e a de desmoldagem. Foi feito um levantamento dos tempos de ciclo das primeiras pás (#15 até #30) após início do trabalho, recorrendo majoritariamente a uma ferramenta de “métodos e tempos”, sendo neste caso, os quadros de seguimento. Estes quadros contém as tarefas organizadas sequencialmente, caixas de texto para completar com os tempos de ciclo e espaços para escrever breves comentários sobre possíveis atrasos ou avarias (figura 23 b). Nestes quadros estão presentes os objetivos de tempos pretendidos (*target*) e os tempos reais, para uma comparação visual rápida, em tempo real, da eficiência do processo produtivo.

Dependendo das equipes, o colaborador que fica responsável pelo preenchimento do quadro de seguimento pode ser o líder GAT, ou mesmo um operador pertencente à equipe, que fica também destacado para tarefas similares, tal como apontar valores de teste seco (teste realizado antes de qualquer operação de colagem), ou valores necessários durante uma inspeção de qualidade.

Na tabela 5 está presente a análise que foi realizada durante a fase inicial do estágio, com a junção das tarefas por equipes/turnos e os respectivos tempos de ciclo registrados para as várias pás produzidas.

Tabela 5 - Análise inicial de tempos de ciclo

	Outubro de 2018				Novembro de 2018		
	# 15	# 17	# 19	# 22	# 24	# 26	# 30
Desmoldagem (min)	498	510	475	495	555	525	465
Layup/Infusão (min)	755	680	630	700	530	590	610
Colagem (min)	847	736	783	725	725	735	705
Total (min)	2100	1926	1888	1920	1810	1850	1780
Total (h)	35,00	32,10	31,47	32,00	30,17	30,83	29,67

Com base nesta tabela foi realizada uma análise gráfica do tempo de ciclo global bem como o desempenho de cada equipa/turno em relação ao target final de 24 horas (figura 25).

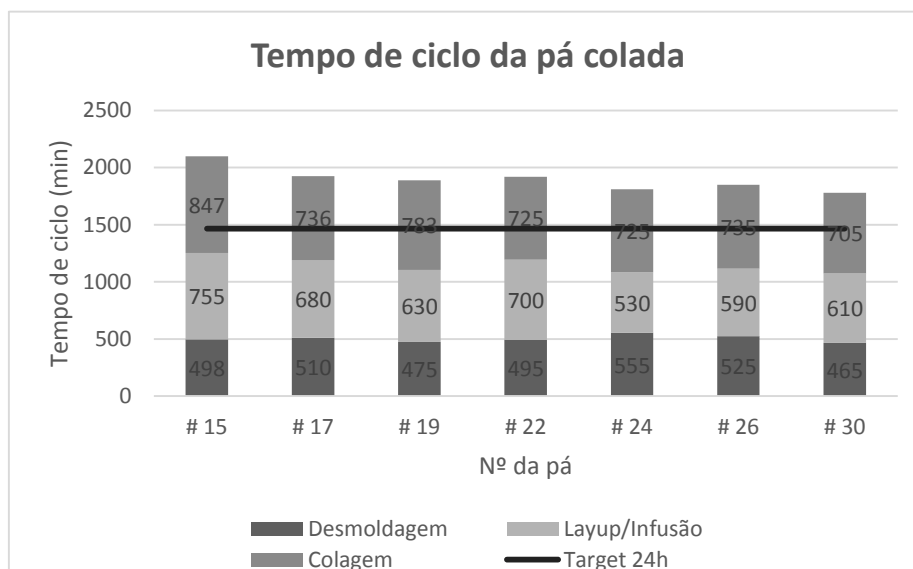


Figura 25 - Tempo de ciclo inicial da pá colada

Neste gráfico verifica-se que o tempo de ciclo (35h) numa fase inicial (pá nº 15) estava bem longe do target estabelecido (24h), em parte pelo facto de apenas ser a quinta pá a seguir à fase de industrialização, pelo que ainda era uma altura bastante precoce para se obterem valores baixos de tempos de ciclo. Nesta altura a produção também não se encontrava estabilizada, onde havia falta de colaboradores e as equipas não trabalhavam com o seu máximo potencial. Neste período, as equipas eram inexperientes neste tipo de tarefas, resultando assim em tempos de ciclo bastante altos (35 horas).

ii) Medidor de Desempenho: Eficiência das equipas

A tabela 5 e a figura 25 retratam a análise realizada na fase inicial do trabalho, referente às primeiras pás (#15 a #30). Seguidamente, a análise baseou-se nas 3 equipas, de modo a avaliar um indicador de desempenho, neste caso a eficiência de cada uma delas. Este indicador foi utilizado para definir prioridades de atuação, ou seja, saber qual a equipa a ser estudada em primeiro lugar e assim sucessivamente.

Para este efeito, foi usado um indicador de desempenho de processo, também denominado KPI (*Key Performance Indicator*), que mede o desempenho de cada equipa,

para além de garantir que a mesma consegue atingir os objetivos pré-determinados (*target*).

Para tal, foi criado um coeficiente de eficiência, medindo a percentagem com que o tempo de ciclo total real se relaciona com o tempo de ciclo total ideal, sendo neste caso as 24 horas. Realizou-se então uma análise pormenorizada à evolução de cada equipa, para se definirem prioridades de atuação, o que auxiliou no planeamento estratégico das reuniões semanais. Com a obtenção dos valores destes indicadores, foi possível saber qual a equipa com maiores dificuldades em atingir os objetivos propostos numa fase inicial, criando para o efeito um plano de ações destinado a resolver esses problemas.

$$Eficiência \% = \frac{Tempo\ de\ Ciclo\ Ideal}{Tempo\ de\ Ciclo\ Real} \times 100$$

O cálculo da eficiência foi realizado individualmente para cada equipa como se pode verificar nas tabelas 7, 8 e 9. Nesta fase inicial, foi marcada uma reunião de definição de *targets*, em que, em conjunto com toda a equipa de engenharia se discutem os valores ideais de cada processamento com o objetivo final de atingir as 24 horas. Os tempos alocados a cada equipa foram retirados da soma das operações das tarefas correspondentes, sendo elas sequenciais, dos valores *target* estabelecidos pela equipa de engenharia (tabela 6).

Assim, com o objetivo de atingir o tempo total de ciclo de 24 horas, dividiu-se esse tempo pelos três turnos, estabelecendo assim os seguintes *targets* por equipa:

- *Layup* & Infusão – *Target* 485 min → 8,08 horas;
- Colagem – *Target* 520 min → 8,67 horas;
- Desmoldagem – *Target* 440 min → 7,33 horas.

Tabela 6 - Definição de targets de tempos de processamento

		Inicial	Objetivo
Equipas	Operações	Target 1 (33h)	Target 2 (24h)
Desmoldagem (Turno da tarde)	Cura Pá	220	220
	Abertura Molde	30	30
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá	90	70
	Limpeza Molde	30	20
	Aplicação desmoldante	20	15
	Secagem desmoldante	15	15
	Fitas e Aplicação gelcoat	30	25
	Cura gelcoat + Root	60	45
	Total (min):	495	440
Layup/Infusão (Turno da noite)	Lay-up externo SHELL	90	55
	Colocação Girder + TEG	70	40
	Balsa/Espuma	90	30
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	100	55
	Peel-Ply + Folha desmoldante	30	15
	Green Mesh + Canais resina	40	20
	Saco vácuo 1 + 2	60	30
	Estabilização + Teste vácuo	90	45
	Infusão	110	95
	Peak Point + Rumping + Início Cura	100	100
	Total (min):	780	485
Colagem (Turno da manhã)	Cura Infusão	160	140
	Ripagem + Controlo Qualidade	50	35
	Ripagem Girder + Teste seco Web's SS	30	25
	Aplicação Cola SS	30	25
	Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores + Teste condutividade	150	100
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	90	60
	Teste seco PS	25	20
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	40	20
	Aplicação Cola PS	30	25
	Limpeza de Cola	80	30
	Rump Up + Início Cura Pá	40	40
	Total (min):	725	520
	Total [min]	2000	1445
	Total [h]	33,33	24,08

Para cada equipa, foi realizada uma análise da evolução da sua eficiência. Assim, no que diz respeito à equipa de desmoldagem, pode-se observar a evolução inicial do tempo de ciclo e da percentagem de eficiência da equipa na tabela 7:

Tabela 7- Análise de eficiência da equipa de desmoldagem

	# 15	# 17	# 19	# 22	# 23	# 26	# 30
Desmoldagem	498	510	475	495	460	525	465
Target	440	440	440	440	440	440	440
Eficiência %	88,35	86,27	92,63	88,89	95,65	83,81	94,62

Na tabela 7, verifica-se que a eficiência da equipa foi elevada, variando entre 83,81% (#26) e 95,65% (#23), com uma média de 90,03%.

No que diz respeito à equipa de *layup* e infusão, pode-se observar a evolução do tempo de ciclo e da percentagem de eficiência, na tabela 8:

Tabela 8 - Análise de eficiência da equipa de layup e infusão

	# 15	# 17	# 19	# 22	# 23	# 26	# 30
Layup&Infusão	755	680	630	700	645	590	610
Target	485	485	485	485	485	485	485
Eficiência %	64,2	71,3	77,0	69,3	75,2	82,2	79,5

Na tabela 8, verifica-se que a eficiência da equipa foi mais baixa que a anterior, variando entre 64,2% (#15) e 82,2% (#26), com uma média de 74,1%.

No que diz respeito à equipa de colagem, pode-se observar a evolução do tempo de ciclo e da percentagem de eficiência na tabela 9:

Tabela 9 - Análise de eficiência da equipa de colagem

	# 15	# 17	# 19	# 22	# 23	# 26	# 30
Colagem	847	736	783	725	760	735	705
Target	520	520	520	520	520	520	520
Eficiência %	61,4	70,7	66,4	71,7	68,4	70,7	73,8

Na tabela 9, verifica-se que a eficiência da equipa foi semelhante à anterior, variando entre 61,4% (#15) e 73,8% (#30), com uma média de 69,01%.

Durante a produção das primeiras pás coladas (#15 a #30), pode-se verificar que a percentagem média de eficiência das equipas variou de 69% – 90%. No entanto, verificou-se que era a equipa de colagem a que apresentava numa fase inicial, uma

menor percentagem de eficiência, ou seja, era a que tinha os tempos de processamento reais mais afastados do *target* pré-estabelecido.

Com o auxílio deste indicador de desempenho, foi então estabelecida uma estratégia de otimização com base em ações resultantes das reuniões semanais com os diversos departamentos, sobre o tema em questão, tendo também sido definidas prioridades de atuação. Como resultado dessas reuniões, foram estabelecidos planos de ações, de acordo com a estratégia tomada. Assim, numa fase inicial, o foco foi a equipa de colagem, seguindo-se a equipa de *layup* e infusão e por último a equipa de desmoldagem, que logo na primeira pá analisada já tinha uma percentagem de eficiência elevada (88,35%).

iii) Reuniões semanais e planos de ações

Com o objetivo de reduzir os tempos de ciclo e avaliar a evolução do tempo total de ciclo de 35 horas para o *target* de 24 horas, foi realizada uma análise usando o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) para uma melhor organização da estratégia de trabalho, com o fim de se atingirem os objetivos delineados.

Numa primeira fase, foi desenvolvido um plano estratégico com as várias oportunidades de melhoria detetadas, sendo de seguida realizado um plano de ações em conjunto com toda a equipa de engenharia e resultante das reuniões semanais específicas, marcadas com todos os intervenientes do processo. Numa fase posterior, foi realizada a avaliação dessas soluções a curto e longo prazo, estabelecendo-se prioridades de atuação. Por último, foi analisado o efeito dessa ações, realizando um “*lessons learned*”, isto é, onde se observou o que correu bem e o que correu menos bem, de modo a otimizar o processo seguinte, ou seja, melhorar a atuação seguinte.

Foi então delineado um plano que consistia na marcação de reuniões semanais com os vários intervenientes no processo produtivo, com o objetivo de recolher todos os dados possíveis para uma análise mais fidedigna e real e para a elaboração de planos de ações realistas. Os planos resultantes dessas reuniões, tinham como objetivo a otimização do processo produtivo e, conseqüente, a redução do tempo total de ciclo da produção da pá colada, ou seja, do produto final, no armazém dos moldes.

Os intervenientes nas reuniões eram representantes dos vários departamentos dentro da fábrica, que de alguma forma se relacionavam com o processo a ser analisado e discutido. Estavam presentes nessas reuniões os seguintes elementos:

- O supervisor da logística, que coordena todas as entregas e movimentações das matérias-primas desde o armazém da logística até ao molde em questão, e que supervisiona os carros logísticos;
- O diretor de produção, que é responsável por toda a produção do *hall 2* do armazém dos moldes, sendo o local onde se encontrava o molde do projeto RE68.5;
- O *team leader* da equipa de engenharia do produto, que é responsável pela BOM (*Bill of Materials*), pelas alterações das matérias-primas e pelo carregamento dos dados no sistema SAP;
- O *team leader* da equipa de engenharia de processo, que era o orientador na empresa, é o elemento que planeava e coordenava todas as atividades dos restantes elementos da equipa de processo;
- O coordenador da equipa de melhoria contínua, que é responsável por todas as alterações de layout da fábrica e pelas ações Lean;
- A equipa de engenharia de processo, que é responsável por todas as alterações do processo, como os registos e controlo dos consumos de resina e de cola, e pela redução de tempos de processamento, entre outras atividades.
- O responsável pela análise de custos de produção, baseados nos dados extraídos do sistema SAP, fazendo parte do departamento financeiro.

No diagrama de Gantt presente na figura 26, pode ver-se o planeamento que foi realizado para as reuniões convocadas especificamente, com vista à redução do tempo total de ciclo do projeto RE68.5, que teve em conta a análise feita ao medidor de desempenho de eficiência de cada equipa.

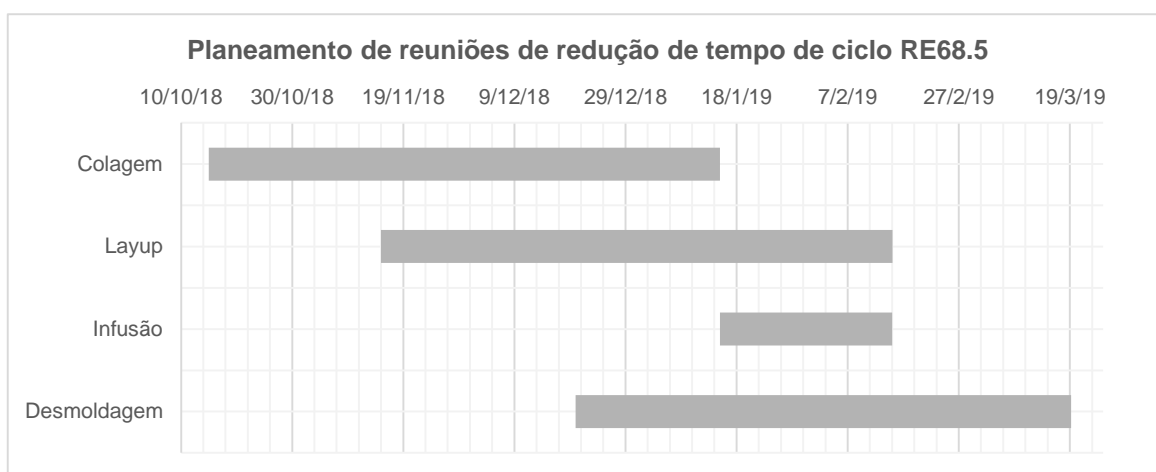


Figura 26 - Diagrama de Gantt do planeamento de reuniões

Na estratégia da empresa, os colaboradores novos dão entrada semanalmente para completar equipas desequilibradas ou com alguma taxa de absentismo. Sendo assim, é importante uma constante monitorização da equipa, recorrendo-se ao auxílio de formações contínuas para que os novos trabalhadores evoluam mais rápido, e para que a experiência seja transmitida por parte dos operadores mais experientes. No caso da entrada de um novo projeto, é muito importante a formação das equipas, especialmente na fase de industrialização (primeiras dez peças). É usual que o projeto traga algumas alterações em termos de processo ou mesmo do produto (matérias-primas) relativamente a projetos anteriores. Mesmo as equipas mais experientes que passam a operar no novo projeto, sentem algumas dificuldades, mesmo que as alterações sejam pequenas. Neste caso, foi imprescindível a formação e treino de todos os elementos das várias equipas, sendo a “curva de aprendizagem” um fator determinante na redução dos tempos de ciclo.

Equipa de colagem

Como tinha sido identificado anteriormente, a primeira equipa a ser analisada foi a de colagem (turno da manhã), pelo que, foram também convocados para as reuniões semanais os dois engenheiros responsáveis por esse subprocesso. Assim, foi delineado um plano de ações para responder às oportunidades de melhoria observadas. O conjunto de ações realizadas à equipa de colagem foram:

1. Alteração das telhas de aplicação de cola:

Depois de uma análise mais profunda a este subprocesso, identificou-se um problema, que era o excesso de peso, devido ao facto de as telhas estarem sobredimensionadas, o que tinha como resultado o excesso de aplicação de cola. Este fator influenciava o tempo de ciclo, pois os operadores necessitavam de dedicar mais tempo à limpeza da cola excedentária. Sendo assim, uma das primeiras ações foi reduzir a abertura da telha, o que originou uma espessura menor de cola, diminuindo assim a sua quantidade e reduzindo o tempo de limpeza da mesma ao longo da pá.

2. Ajuste das *webs*, evitando retrabalho:

Esta ação consistiu na correção do posicionamento das *webs* ao longo da pá colada, evitando assim retrabalho, tal como cortes adicionais da superfície das *webs*. Estes pré fabricados são colocados tal como é descrito na figura 27.



Figura 27 - Colagem das webs na pá colada

3. Reforço da equipa:

Esta ação consistiu no reforço da equipa com 2 operadores, o que resultou numa redução do tempo de processamento de algumas tarefas manuais.

4. Formação e treino da equipa:

Tal como o nome da ação indica, foram programadas formações e treinos mensais da equipa, especialmente para o desenvolvimento das capacidades dos novos colaboradores e assim, acelerar a “curva de aprendizagem”.

5. Ajustar posicionadores dos recetores e calibradores para novas cotas de posicionamento:

Neste caso, os posicionadores dos recetores e calibradores não estavam ajustados às dimensões do novo projeto, o que originava uma posição dos mesmos fora das especificações. Esta situação criava uma necessidade de retrabalho, quebrando consequentemente o ritmo sequencial do processo. Os posicionadores ajustados podem ser vistos na figura 28.



Figura 28 - Posicionadores de recetores e calibradores

A implementação do conjunto destas ações, juntamente com a “curva de aprendizagem” dos próprios colaboradores, originou a descida dos tempos de processamento obtidos pela equipa de colagem, como observado na figura 29. Desde a primeira pá analisada no início do estágio (#15) até à validação do ciclo de 24 horas, o tempo de ciclo reduziu 327 minutos, isto é, cerca de 5h30, atingindo-se o valor de 520 minutos no final do trabalho. Houve assim uma redução total de cerca de 38,6% no tempo de ciclo no processo da colagem.

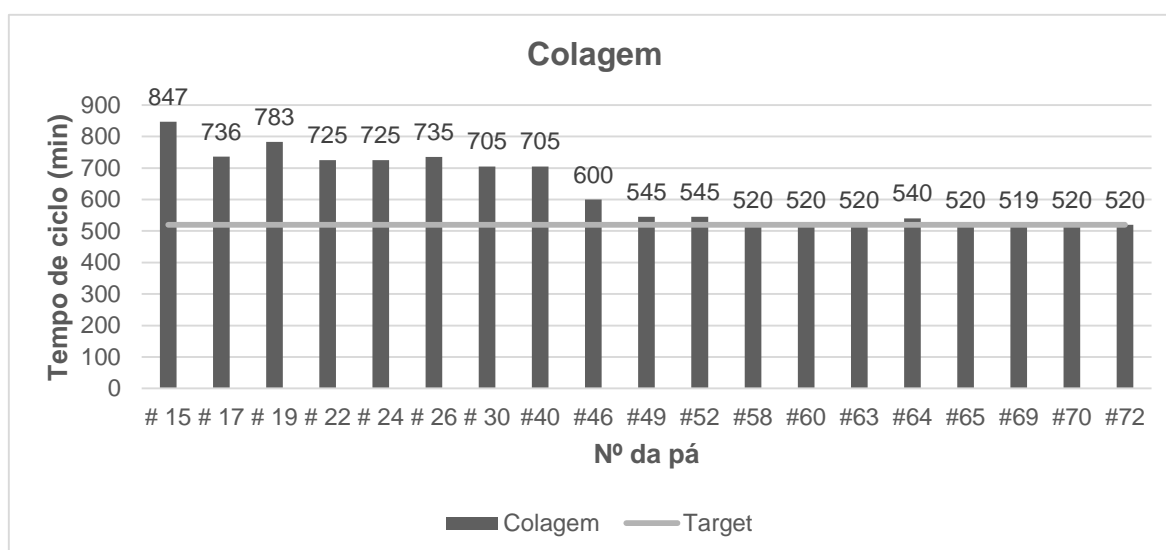


Figura 29 - Gráfico da redução do tempo de ciclo da equipa de colagem

Equipa de *layup* e infusão

A equipa que necessitou de mais atenção foi a de *layup* e infusão, porque, sendo a que dispõe de mais colaboradores, fica sujeita a um maior número de variações nas condições de trabalho e experiência. Assim, foi delineado um plano de ações para responder às oportunidades de melhoria observadas:

1. Ajuste do *core* na pá colada, evitando retrabalho:

O *core* representa a parte estrutural da fabricação da pá que não é fibra de vidro nem é a mesma impregnada, fazendo então parte a balsa e a espuma. Estes dois componentes ajudam a formar a “espinha” da pá e são distribuídos ao longo do comprimento segundo uma disposição específica que segue certas restrições ao longo da pá. Esta disposição do *core* é criada por elementos da equipa de engenharia de processo, que formam o “puzzle”, tendo em conta as especificações do projeto. Por vezes, os cortes das peças não são bem realizados, ou o próprio “puzzle” do *core* não está totalmente correto, levando ao retrabalho por parte dos colaboradores da equipa de *layup*. Esta oportunidade de melhoria influencia diretamente o tempo de ciclo da pá colada.

2. Ajuste do *kit* de fibras, evitando 75% de retrabalho:

Tal como os *kits* de *core*, os *kits* de fibra também são elaborados por elementos da equipa de engenharia de processo responsáveis pelas marcas de fibras, com as respetivas especificações de cada camada, atendendo a diversas regras de sobreposição. De projeto para projeto, as marcas são diferentes, pois cada um deles tem as suas regras, consoante o local onde o parque eólico está situado, sendo dependentes das condições climáticas e de todos os fatores que possam influenciar a integridade das pás presentes nas turbinas. Por exemplo, quando um projeto se destina a zonas onde é regular a formação de gelo, o número de camadas é superior, sendo ainda colocados revestimentos exteriores, que protegem o interior da pá.

3. Afinação de posicionadores de *girder* e *teg* na pá colada:

A *girder* é um dos pré-fabricados que faz parte da pá colada. A sua colocação é realizada por uma galáctica, que com a ajuda de umas ventosas,

retira a *girder* do local de armazenagem perto do molde e movimenta-a até ao molde (figura 30).



Figura 30 - Stock de *girders* junto ao molde

De seguida, os colaboradores, com a ajuda de uma fita métrica, vão ajustando a posição da *girder* no molde, depois de ter sido feito a colocação do *layup* externo, da balsa e da espuma. Estas operações são sempre feitas no turno da noite e, depois de um acompanhamento presencial nesse turno, foi de notar a oportunidade de melhoria na colocação da *girder*. A operação usando a fita métrica, obrigava os colaboradores a atrasar o posicionamento dos pré-fabricados, pois tinham que confirmar constantemente a distância da peça à extremidade do molde. Observando outros projetos, e depois de uma das reuniões de análise do tempo de ciclo do projeto RE68.5, foi acrescentado ao plano de ações, a colocação de uns posicionadores das *girders* e *tegs* (figura 31), que estariam presentes no molde aquando do início dessas operações, facilitando assim o trabalho da equipa e diminuindo o tempo de processamento dessa mesma tarefa.



Figura 31 - Posicionadores de *girders* e tegs atualizados

4. Utilização de 2 galácticas no processo de integração de pré-fabricados na pá colada:

Para realizar as movimentações das peças como falado anteriormente, são necessárias galácticas (plataformas suspensas de transporte de peças), que transportam os pré fabricados do local do *stock* para o molde, pois alguns deles pesam quase uma tonelada. Na figura 32 do lado esquerdo está representado o *stock* com as *webs* e do lado direito as galácticas que movem os pré fabricados. Inicialmente era usada apenas uma galáctica, mas foi decidido que uma das ações seria o uso de duas galácticas para a aceleração do processo de colocação das peças no molde.

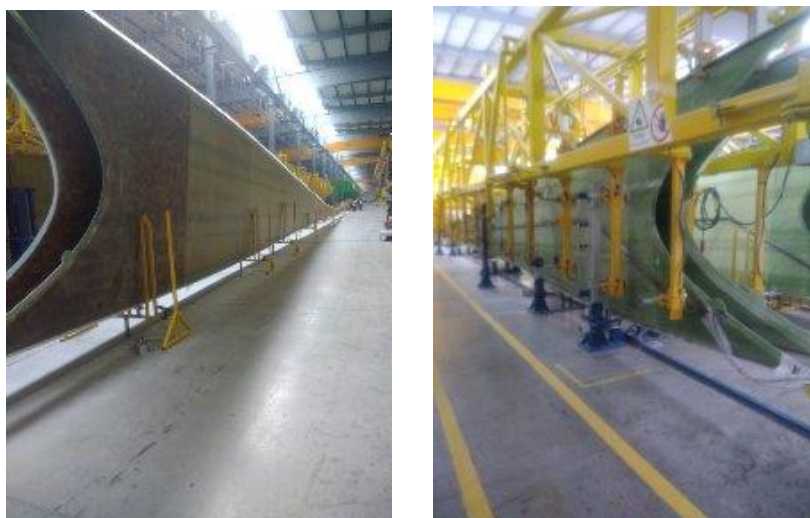


Figura 32 - Stock de *webs* e galácticas

5. Redução do tempo real do *peak point* de 60 minutos para 20 minutos:

Em conjunto com o responsável da equipa de engenharia pelo *layup* e infusão, decidiu-se aumentar a velocidade com que o molde aquece para diminuir o tempo de *peak-point* na cura da fibra impregnada.

6. Formação e treino da equipa:

Tal como o nome da ação indica, foram programadas formações e treinos mensais da equipa, especialmente para o desenvolvimento das capacidades dos novos colaboradores.

A implementação do conjunto destas ações, juntamente com a “curva de aprendizagem” dos próprios colaboradores originou a descida dos tempos de processamento obtidos pela equipa de *layup*/infusão como observado na figura 33. Desde a primeira pá analisada até à validação do ciclo de 24 horas, o tempo de ciclo reduziu 280 minutos, isto é, cerca de 4h40, atingindo-se o valor de 475 minutos no final do trabalho de estágio. Houve assim uma redução total de cerca de 37% no tempo de ciclo no processo de *layup* e infusão.

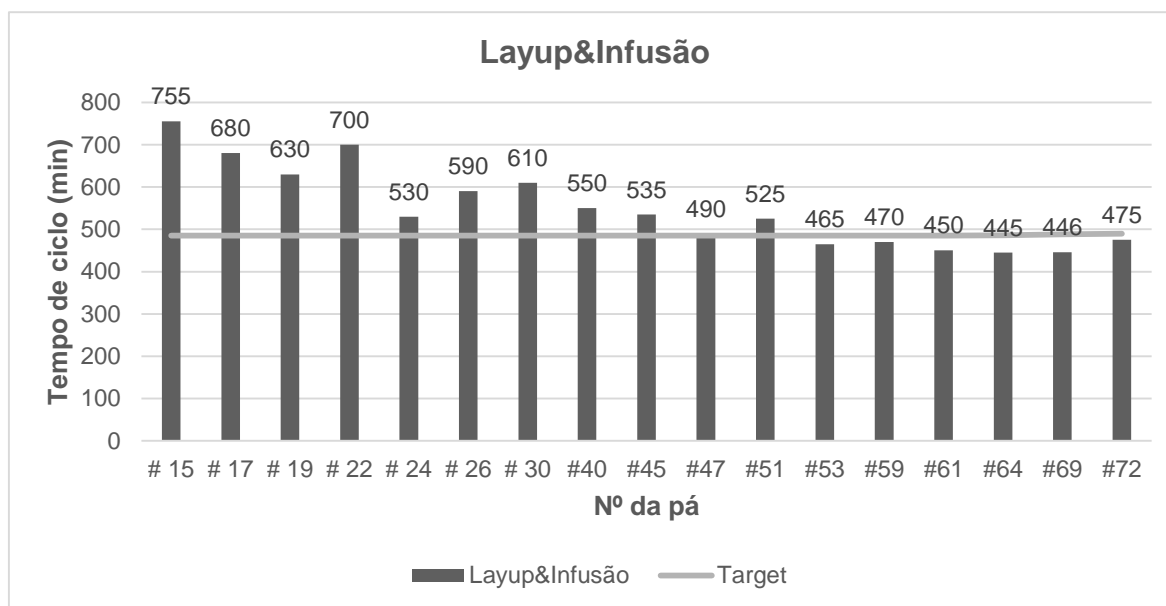


Figura 33 - Gráfico de redução de tempo de ciclo da equipa de layup e infusão

Equipa de desmoldagem

A última equipa a ser analisada foi a de desmoldagem, por ser o subprocesso mais simples e com apenas perspetivas de melhoria associadas à experiência e formação dos colaboradores. Sendo assim, as melhorias não estavam tão dependentes de ações de engenharia para ocorrerem reduções significativas do tempo de ciclo. Como foi realizado às equipas anteriores, assim foram delineadas algumas ações para responder às oportunidades de melhoria observadas:

1. Reforço da equipa:

Esta ação consistiu no reforço da equipa com 2 operadores, o que resultou numa redução do tempo de processamento de algumas tarefas manuais.

2. Formação e treino da equipa:

Tal como o nome da ação indica, foram programadas formações e treinos mensais da equipa, especialmente para o desenvolvimento das capacidades dos novos colaboradores e acelerar a “curva de aprendizagem”.

Foi o conjunto destas ações em conjunto com a “curva de aprendizagem” dos próprios colaboradores que originou a descida dos tempos de processamento na equipa de desmoldagem, como observado na figura 34. Desde a primeira pá analisada no início do estágio até à validação do ciclo de 24 horas, o tempo de ciclo reduziu 53 minutos, atingindo-se o valor de 445 minutos no final do trabalho de estágio. Houve assim uma redução total de cerca de 11,6% no tempo de ciclo no processo da desmoldagem.

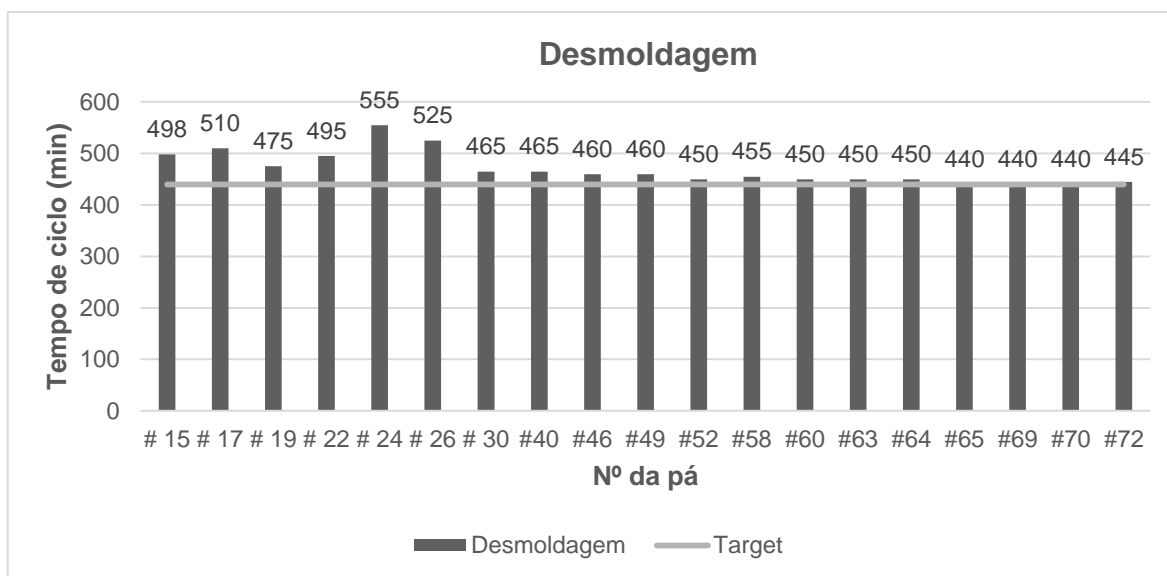


Figura 34 - Gráfico da redução do tempo de ciclo da equipa de desmoldagem

Resumo de todas as ações

Na tabela 10 encontra-se um resumo das ações delineadas para a diminuição dos tempos de ciclo das várias equipas na produção da pá colada. A tabela está organizada por áreas, neste caso, equipas, onde a sequência retrata a estratégia tomada: primeiro as ações que dizem respeito à equipa de colagem, seguido das ações referentes à equipa de *layup* e infusão e por último as ações referentes à equipa de desmoldagem

Tabela 10- Plano de ações na redução do tempo de ciclo na produção da pá colada

Ações	Área
Ajuste de webs (manutenção);	Colagem
Alteração das telhas de aplicação de cola	Colagem
Reforço da equipa (+2 operadores)	Colagem
Formação e treino da equipa	Colagem
Ajustar posicionadores dos recetores e calibradores	Colagem
Ajuste do core na pá colada, evitando retrabalho	Layup/Infusão
Ajuste do kit de fibras MS, evitando 75% retrabalho	Layup/Infusão
Afinação de posicionadores de girder e teg na pá colada	Layup/Infusão
Utilização de 2 galácticas no processo de integração de pre-fabs na pá colada	Layup/Infusão
Redução do tempo real de peak-point de 60 min para 20 min;	Layup/Infusão
Formação e treino da equipa	Layup/Infusão
Reforço da equipa (+2 operadores)	Desmoldagem
Formação e treino da equipa	Desmoldagem

A implementação do conjunto destas ações auxiliaram no processo de redução do tempo total de ciclo de 35 para 24 horas. As ações foram delineadas no âmbito das reuniões semanais, que foram programadas de acordo com as prioridades de atuação, e resultantes da análise da eficiência das equipas, como se pode verificar no gráfico de Gantt (figura 26).

Como resultado, verificou-se que, para a equipa de colagem, desde a primeira pá analisada até à validação do ciclo de 24 horas, o tempo de ciclo reduziu 327 minutos, enquanto, na equipa de *layup* e infusão, o tempo de ciclo reduziu 280 minutos, e na equipa de desmoldagem, o tempo de ciclo reduziu 53 minutos. Com isto, obteve-se uma redução total de 660 minutos, equivalentes a 11 horas, que se refletiram numa redução do tempo total de ciclo de 31,4%.

É de notar a evolução do tempo total de ciclo, verificando-se uma redução considerável dos diversos tempos de processamento das operações com o decorrer do tempo. Esta redução do tempo de ciclo deveu-se a vários fatores, sendo eles a implementação das ações resultantes de reuniões semanais com vários intervenientes, para além da influência da “curva de aprendizagem” dos colaboradores. A maior parte dos colaboradores eram recentes na empresa e, numa fase inicial, não estavam familiarizados com o processo, ocorrendo por isso diversos atrasos ou simples desvios de especificações que, com o tempo, foram sendo corrigidos. Esta aprendizagem é diretamente proporcional à eficiência e eficácia das formações recebidas pelos colaboradores, sendo de extrema importância o planeamento estratégico e a organização das mesmas. Sendo este um processo bastante complexo e demorado, o cuidado com os pormenores e os detalhes são imprescindíveis para a qualidade final do produto.

Um exemplo do efeito da implementação das várias ações, pode ser visto através da análise de algumas pás, conforme descrito na tabela 11. Nesta tabela encontra-se a compilação dos quadros de seguimento de cada pá (#45 a #72), e uma análise simples e visual, a cores, dos valores que ultrapassam ou não o *target* estabelecido. A cor vermelha representa os valores que estão acima do *target*, a cor azul os valores que não foram registados pela equipa e a verde os que estão abaixo do *target*. As células que não apresentam nenhuma cor são aquelas onde os valores são semelhantes ao *target* pré-estabelecido. Cada coluna corresponde ao quadro de seguimento de cada pá colada.

Na tabela 11, é apenas realizada parte da compilação feita do registo dos tempos de ciclo colocados numa tabela em Excel, isto é, desde a pá #45 até à #72. Nesta tabela está representada parte da análise que foi feita ao tempo de ciclo de produção da pá

colada antes de ir para o armazém dos acabamentos e relativos ao projeto RE68.5. Tal como foi descrito anteriormente, esta compilação de dados advém dos registos dos quadros de seguimento em conjunto com o acompanhamento presencial na linha de produção, usando a técnica de cronometragem. A tabela completa dos tempos de ciclo de todas as pás analisadas (#15 a #72) pode ser observada no anexo B.

Pela análise da tabela, verificou-se que o número de vezes em que os valores de tempo de ciclo são excedidos (células preenchidas com a cor vermelha) diminui com o decorrer do tempo. Este efeito é mais notório no subprocesso da colagem, onde inicialmente (pá #45 a #51), a quantidade desses valores é maior, comparativamente ao resto do processo. É de notar que as ações foram inicialmente implementadas na equipa da colagem, pois era a que apresentava um maior risco de atraso no processo.

Tabela 11- Análise dos tempos de ciclo totais da pá colada

	Tarefa	Target V2	#45	#46	#47	#49	#51	#52	#53	#58	#59	#60	#61	#63	#64	#65	#69	#70	#72
			Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real
Desmoldagem (Turno da tarde)	Cura Pá	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
	Abertura Molde	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá	70	90	90	90	90	85	80	85	85	80	80	80	80	80	70	70	70	70
	Limpeza Molde	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Aplicação desmoldante	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Secagem desmoldante	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Fitas e Aplicação gelcoat	25	30	30	30	30	25	30	30	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Cura gelcoat + Root	45	40	40	40	40	45	40	40	45	40	40	40	40	40	40	40	40	45
Layup/Infusão (Turno da noite)	Lay-up externo SHELL	55	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	Colocação Girder + TEG	40	50	40	40	40	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	95	40
	Balsa/Espuma	30	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	30
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	55	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	Peel-Ply + Folha desmoldante	15	15	15	15	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Green Mesh + Canais resina	20	20	20	20	20	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Saco vácuo 1 + 2	30	40	30	30	30	35	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30
	Estabilização + Teste vácuo	45	65	50	65	60	80	70	50	50	35	45	45	65	30	45	45	45	70
	Infusão	95	95	75	80	75	80	70	70	80	90	80	60	60	70	60	60	60	60
	Peak Point + Rumping + Início Cura	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Colagem (Turno da manhã)	Cura Infusão	140	150	140	160	140	140	145	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	Ripagem + Controlo Qualidade	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	25	35	35
	Ripagem Girder + Teste seco Web's SS	25	30	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	30	25	25
	Aplicação Cola SS	25	25	25	25	25	25	45	25	25	25	25	25	25	25	25	17	25	25
	Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores + Teste condutividade	100	120	100	120	100	100	100	100	100	120	100	100	100	120	100	120	100	100
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	60	90	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60
	Teste seco PS	20	25	25	30	25	30	20	25	20	20	20	20	20	20	20	17	20	20
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	20	20	40	35	30	30	20	30	20	20	20	20	20	20	20	35	20	20
	Aplicação Cola PS	25	25	30	30	35	30	25	30	25	25	25	25	25	25	25	20	25	25
	Limpeza de Cola	30	30	80	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	25	30	30
	Rump Up + Início Cura Pá	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Total [min]	1445	1585	1530	1550	1485	1525	1480	1460	1450	1460	1445	1420	1440	1435	1410	1405	1465	1440
	Total [h] / Tempo de ciclo [h]	24,08	26,42	25,50	25,83	24,75	25,42	24,67	24,33	24,17	24,33	24,08	23,67	24,00	23,92	23,50	23,42	24,42	24,00

Na figura 35, encontra-se um gráfico representativo de parte da análise realizada aos tempos totais de ciclo no fabrico da pá colada do projeto RE68.5, sendo ela a compilação dos quadros de seguimento de cada pá.

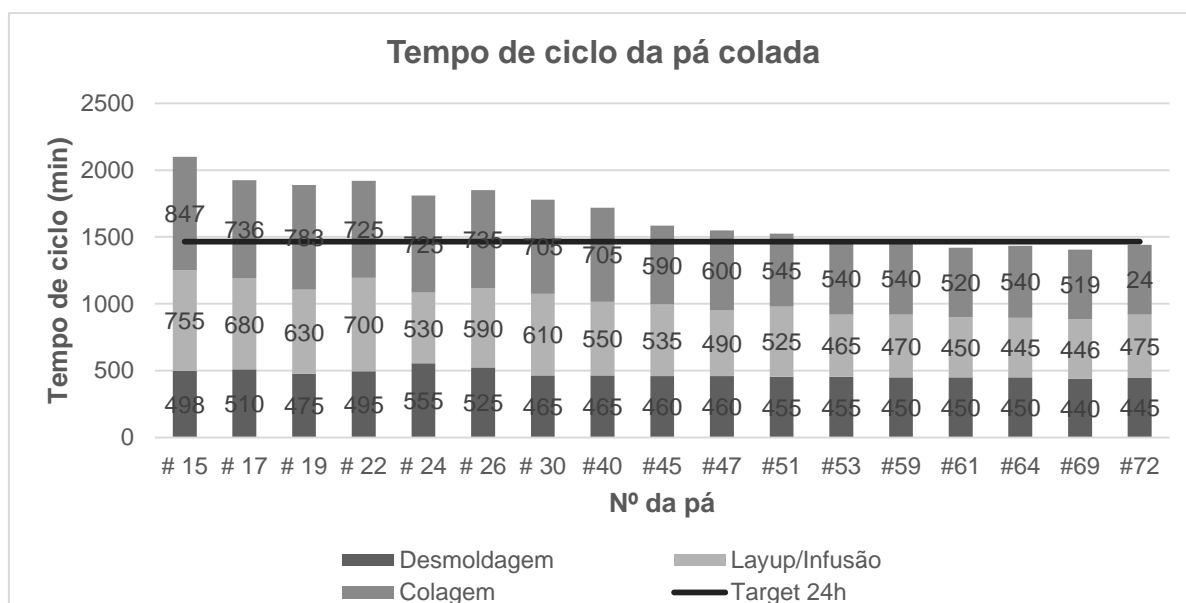


Figura 35 - Análise dos tempos de ciclo da pá colada

O gráfico da figura 35 é apresentado como um resumo da compilação de todos os valores de tempos de ciclo obtidos, e advém dos dados cuja totalidade está presente no anexo B. Neste gráfico pode-se observar não só uma diminuição do tempo total de ciclo, como também uma diminuição dos tempos de processamento de cada um dos três subprocessos (colagem, *layup* e infusão, desmoldagem) que fazem parte do fabrico da pá colada.

iv) Validação do tempo de ciclo de 24h

Analisando todos os dados de tempo de ciclo para as pás (anexo B), verifica-se que na pá #60 o tempo total de ciclo aproximou-se bastante das 24 horas. Assim, nas peças seguintes, o foco foi manter esse tempo de ciclo, garantindo que as ações fossem totalmente realizadas, salvaguardando a estabilidade do processo.

Com o intuito de confirmar o tempo de ciclo das 24 horas, foi marcada a produção de duas pás de teste (acompanhadas pelos engenheiros de processo responsáveis) que servissem de validação do ciclo de 24 horas, tornando essa informação oficial para todos

os departamentos da fábrica e não apenas ter dados que demonstrem tal informação. Com a análise realizada e a monitorização dos tempos de ciclo das várias equipas demonstrado no ponto anterior, era expectável que o tempo de ciclo total tivesse atingido o objetivo proposto. Devido a isso, foi então marcado o fabrico das pás de teste que seriam produzidas com os recursos ideais (sem falta de materiais e equipas completas), com o objetivo de validar o tempo real de ocupação de molde.

Na tabela 12 é apresentado o registo de tempos realizados pela equipa de *layup* e infusão da pá #68. Este registo resultou de um acompanhamento do turno da noite com o engenheiro responsável por este subprocesso.

Tabela 12 - Registo de tempos na equipa de *layup* e infusão

Operação	Hora Início	Hora Fim	Duração	Target(h)	T. improdutivo	MOD	Comentário
Lay-up externo SHELL	6/2/19 22:25	6/2/19 23:20	0:55	00:55	0:00	14+1	
Colocação Girder + TEG	6/2/19 23:20	6/2/19 23:55	0:35	00:40	0:05	14+1	Sem distanciador / posicionador de Girder
Balsa/Espuma	6/2/19 23:40	7/2/19 0:15	0:35	00:30	0:05	14+1	Implementação de novo core
Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	7/2/19 0:00	7/2/19 0:55	0:55	00:55	0:00	14+1	
Peel-Ply + Folha desmoldante	7/2/19 0:30	7/2/19 0:50	0:20	00:15	0:05	14+1	
Green Mesh + Canais resina	7/2/19 0:50	7/2/19 1:25	0:35	00:30	0:00	14+1	
Saco vácuo 1 + 2	7/2/19 1:35	7/2/19 2:10	0:35	00:30	0:05	14+1	
Estabilização + Teste vácuo	7/2/19 1:50	7/2/19 3:10	1:20	00:45	0:35	2	30 min de pausa
Infusão	7/2/19 3:10	7/2/19 4:45	1:35	01:35	0:00	2	
Peak Point + Rumping + Início Cura	7/2/19 4:45	7/2/19 6:15	1:30	01:40	0:00	1	
		Total (hh:mm):	08:55	08:15			

Comparando a duração das tarefas com o *target* de cada uma, e retira-se os 30 minutos de pausa, pode-se concluir que o tempo de ciclo real apenas ultrapassou o *target* estabelecido em 10 minutos, o que corresponde a 2% do *target* da equipa. Assim, com este registo, confirma-se o facto de que a equipa de *layup* e infusão cumpriu o objetivo pré-estabelecido.

Na tabela 13 é apresentado o registo de tempos realizado pela equipa de colagem da pá #69 que serviu como validação do ciclo de 24h. Este registo também resultou de um acompanhamento presencial, neste caso, do turno da manhã, com o engenheiro responsável pela colagem.

Tabela 13 - registo de tempos na equipa de colagem

Operação	Hora Início	Hora Fim	Duração	Target(h)	T. improdutivo	MOD	Comentário
Cura Infusão	08:35:00	08:55:00	2:20	02:20	-	-	Mangueiras bolacha em falta
Ripagem + Controlo Qualidade	08:55:00	09:20:00	0:25	00:35	-	14	
Ripagem Girder + Teste seco Web's SS	09:18:00	09:48:00	0:30	00:25	0:05	14	
Aplicação Cola SS	09:48:00	10:05:00	0:17	00:25	-	14	
Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB Recetores + Teste condutividade	10:00:00	12:00:00	2:00	01:40	0:20	14	
Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	12:00:00	12:50:00	0:50	01:00	-	14	
Teste seco PS	12:50:00	13:07:00	0:17	00:20	-	14	
Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	13:10:00	13:45:00	0:35	00:20	0:15	14	
Aplicação Cola PS	13:50:00	14:10:00	0:20	00:25	-	14	
Limpeza de Cola	14:15:00	14:40:00	0:25	00:30	-	14	
Rump Up + Início Cura Pá	14:50:00	16:30:00	1:40	01:40	-	-	
Total (hh:mm):			9:39	9:40			

Comparando também as colunas respetivas da duração das tarefas com os targets estabelecidos, pode-se afirmar que o tempo de ciclo real está de acordo com o *target*.

No que diz respeito à equipa de desmoldagem, esta já tinha atingido o target estabelecido em primeiro lugar, sendo o processo mais simples. Com isso, foi apenas necessária a marcação do fabrico das pás de teste (#68 e #69) para observar a equipa de *layup* e infusão e a equipa de colagem, respetivamente, com o objetivo de validação do ciclo total, garantindo que as mesmas cumprem os targets estabelecidos previamente.

Em resumo, se os tempos de ciclo das equipas (colagem e *layup*) estão de acordo com os *targets* pré-estabelecidos, pode-se garantir que o tempo total de ciclo da pá colada foi de 24 horas, pois a equipa de desmoldagem tinha sido a primeira a atingir os objetivos propostos.

4.2.2 - Mão-de-obra direta

i) Recolha e análise de dados

Para realizar a recolha de dados relativamente aos tempos “horas-homem” e “horas-máquina”, foi necessária a extração de dados do sistema SAP. Os dados que entram no sistema SAP são inseridos nas máquinas de registo espalhadas pela fábrica (figura 36), onde os colaboradores realizam as suas “picagens” relativamente à operação que estão a realizar, tendo a possibilidade de ser uma tarefa inerente ao processo de

fabrico da pá, ou às pausas no trabalho (almoço e lanche). Com este registo, consegue-se realizar uma análise detalhada e precisa das horas despendidas para a realização das tarefas. Ao lado das máquinas de registo, tal como representado na figura, estão afixadas as ordens de produção, com os códigos SAP referentes ao projeto em questão. No momento em que a equipa muda de tarefa, o responsável, neste caso o líder GAT (Grupo Autónomo de Trabalho), recolhe os cartões dos colaboradores e realiza a “picagem”, atribuindo os códigos SAP e ficando assim associada a contagem das horas-homem à tarefa no projeto em específico, neste caso, o RE68.5.



Figura 36 - Máquinas de Registo

De seguida, é realizada a extração destes dados do sistema SAP, para a realização da sua análise. No anexo C está representado um exemplo de uma extração dos dados colocados na máquina de registo, aquando da produção da pá #59. A análise aos dados é realizada fazendo uma comparação entre os valores reais de picagens e os targets das gamas operatórias pré-estabelecidos, em conjunto com o número de elementos presentes nas equipas. Neste contexto, tendo os valores *target* dos tempos de ciclo, e sabendo quantos colaboradores estão presentes no molde, é possível determinar as horas-homem ideais a serem despendidas para a produção da pá colada. Assim, com uma simples comparação com os valores reais, é possível saber se se está perto de se atingirem os objetivos propostos.

No anexo C, apresenta-se toda a informação que é colocada nas máquinas de registo, nomeadamente as horas em que os colaboradores estão a trabalhar no molde e em que tarefa em específico.

ii) Tratamento de dados

A empresa Ria Blades usa o SAP para fazer o planeamento de recursos, ou seja, o acesso em tempo real a várias informações por parte de vários departamentos, facilitando as trocas de informação entre eles.

Com a validação do ciclo de 24 horas realizada, o passo seguinte foi introduzir os novos valores de tempos de processamento e horas-homem/horas-máquina no sistema SAP. O departamento financeiro realiza então as análises e determinações dos custos baseados nos dados que estão carregados no sistema SAP. Então, com a alteração para tempos de ciclo de 24 horas, realizada no sistema, verificou-se uma diminuição dos custos associados à produção da pá colada, o que diminuiu também o custo de produção por pá. Na tabela 14 estão representados os valores target fornecidos pela equipa de engenharia (Eng.) e os valores reais presentes no sistema SAP.

Tabela 14 - Gamas operatórias vs SAP

	MS SS	Eng.	SAP	Eng.	SAP	
		MOD	MOD	T. Ciclo	T. Ciclo	
	Preparação do molde	1200	1550	120	155	
	Layup	2640	4560	220	380	
	Infusão	920	1520	130	200	
	Peak Point+Ramping+Cura	260	320	260	320	
	Colagem webs	800	2450	75	175	
	Cura colagem webs	1920	150	120	150	
	Colagem Pá	1400	3780	160	270	
	Cura colagem Pá	260	780	260	260	
	Desmoldagem Pá	400	480	100	120	
	Retoques e reparações	0	0	0	0	
	Transportes + Desmoldagem Logística	190	360	0	0	
	Operações Gat Leader	480	480	0	0	
	Preparação consumíveis	120	120	0	0	
	Preparar material (SS+PS)	240	240	0	0	
	Preparação de Químicos	60	60	0	0	
	Preparação de Consumíveis Colagem Pá	60	60	0	0	
	Abastecimento ao Molde MainShell	90	90	0	0	
	Fecho de Produção	0	0	0	0	
	Operações repetidas	Preparação de Consumíveis	0	120	0	0
		Preparação de Consumíveis Colagem Pá	0	60	0	0
Preparação de Fibras SS		0	120	0	0	
Preparação de Fibras PS		0	120	0	0	
Preparação de Químicos		0	60	0	0	
Preparação reforços		0	20	0	0	
Total: (min)		11040	17500	1445	2030	
Total: (h)		184	291,67	24,08	33,83	

Nas colunas que referem “Eng” estão representados os valores que a equipa de engenharia determina como *target*, enquanto as colunas com “SAP” referem os valores que estão no sistema SAP. Em condições ótimas, os valores das duas colunas deviam ser idênticos, pois a equipa de engenharia de processo envia os dados para a equipa de engenharia do produto que coloca os valores no sistema SAP. Na tabela 14, é de notar que os tempos de ciclo e as horas-homem (MOD) diferem entre as duas situações. Numa das reuniões, chegou-se à conclusão que os dados iniciais foram mal inseridos no sistema SAP e a falta de atualização constante dos dados, levou a esta situação de valores distintos. Aquando da atualização dos valores em SAP, verificou-se um impacto direto na diminuição do custo de produção da pá. Num contexto financeiro, a pá deixou de ter um custo associado às 291,67 horas-homem e passou a considerar 184 horas-homem, o que levou a uma redução de 37%. Sabendo que cada operador tem um custo associado à empresa por volta dos 19,70 euros à hora, e que a diferença de horas equivale a 108 horas (291,67 - 184), verifica-se uma poupança de 2 127,6 euros com esta atualização, e relativa ao custo de produção da pá colada no que diz respeito à MOD, no projeto RE68.5.

Depois dos tempos de processamento e das horas-homem estarem devidamente atualizadas no sistema SAP, foi então realizada uma análise para comparação dos valores teóricos atualizados dos tempos horas-homem com as picagens reais realizadas no chão-de-fábrica nas máquinas de registo (tabela 13). Esses dados ficam armazenados em SAP, onde depois é feita a extração dessas informações para serem analisadas, o que auxilia o planeamento da produção. Mais uma vez, um exemplo dessa extração pode ser consultada no anexo C.

Foi então elaborado um ficheiro de análise comparativa destes dados, ou seja, foi realizada a comparação entre os tempos de ciclo e horas-homem do processo e as picagens reais realizadas pelos colaboradores na produção. A tabela 15 representa um exemplo da análise que foi feita à pá colada, servindo de elo de ligação entre as três partes interessadas: a equipa de engenharia de processo, a equipa de engenharia do produto e a produção (colaboradores, supervisores e diretores de produção).

Tabela 15 - Análise de picagens reais (Produto vs Processo vs Produção)

Main Shell SS	Processo		Produto		Produção			
	Tempo Ciclo	Roteiros	Roteiros SAP		Roteiros (h)	Horas Reais / Picagens 2018		
						#23	#24	#25
Preparação do molde	155	1550	1550		25,8	0	0	0
Layup	380	4 560	4 560		76	0	0	0
Infusão	200	1520	1520		25,3	0	0	7,666
Peak Point+Ramping+Cura	320	320	320		5,3	0	0	0
Retoques e Reparações	0	0	0		0	0	0	8,23
Colagem Webs	175	2 450	2 450		40,8	38,947	27,977	99,256
Cura colagem webs	150	150	150		2,5	0	0	8,841
Colagem Pá	270	3 780	3 780		63	80,848	75,082	7,103
Cura colagem	260	780	780		13	0	0	0
Desmoldagem Pá	120	480	480		8	12,935	0	20,392
Transportes + Desmoldagem Logística	0	360	360		6	0	0	0
Operações Gat Leader	0	480	480		8	0	0	0
Preparação consumíveis	0	120	120		2	0	0	0
Preparar material (SS+PS)	0	240	240		4	0	0	0
Preparação de Químicos	0	60	60		1	1,414	0	0
Preparação de Consumíveis Colagem	0	60	60		1	0	0	0
Abastecimento ao Molde MainShell	0	90	90		1,5	0	0	0
Fecho Produção	0	0	0		0	0,0003	3,072	0,0003
Preparação de Consumíveis	0		120		0,0	1,836	0	0
Preparação de Consumíveis Colagem	0		60		0,0	0	0	0
Preparação de Fibras SS	0		120		0,0	6,972	6,528	10,683
Preparação de Fibras PS	0		120		0,0	1,426	6,496	5,446
Preparação de Químicos	0		60		0,0	2,812	5,07	1,138
Preparação reforços	0		20		0,0	0	0	0
Total (min):	2030	17 000	17 500	Total (h):	283,33	147,190	124,225	168,755
Total (h):	33,83	283,33	291,67					

Do lado esquerdo da tabela 15, nas colunas da equipa de engenharia (processo e produto), os valores são contabilizados em minutos, sendo mais prático no desenvolvimento e análise do processo. Por outro lado, temos a produção, ou seja as picagens reais, que são geradas em horas (lado direito da tabela 15), sendo mais prático em termos financeiros, de controlo de custos de mão-de-obra e custos diretos e indiretos de produção.

Inicialmente, foi feita uma análise do modo como estes valores são registados, tanto por parte da equipa de engenharia como da produção. Verificou-se que a maior parte dos colaboradores não regista a alteração da tarefa quando esta ocorre, o que leva à acumulação de valores exagerados em outras tarefas, como se pode verificar na tabela 15, nas colunas referentes à produção, onde existem demasiados campos não preenchidos e outros com valores exagerados. Como resultado desta análise, foram identificadas oportunidades de melhoria, que vão ser analisadas no subcapítulo à frente.

Como consequência da redução do tempo de ciclo, as horas reais de picagens foram diminuindo ao mesmo ritmo, como é demonstrado na figura 37. A linha horizontal simboliza o target de horas-homem dispendidas na produção da pá colada em relação às 24 horas de tempo de ciclo. As barras simbolizam as horas reais das picagens na produção de cada pá colada em relação às horas a serem dispendidas na produção da mesma.

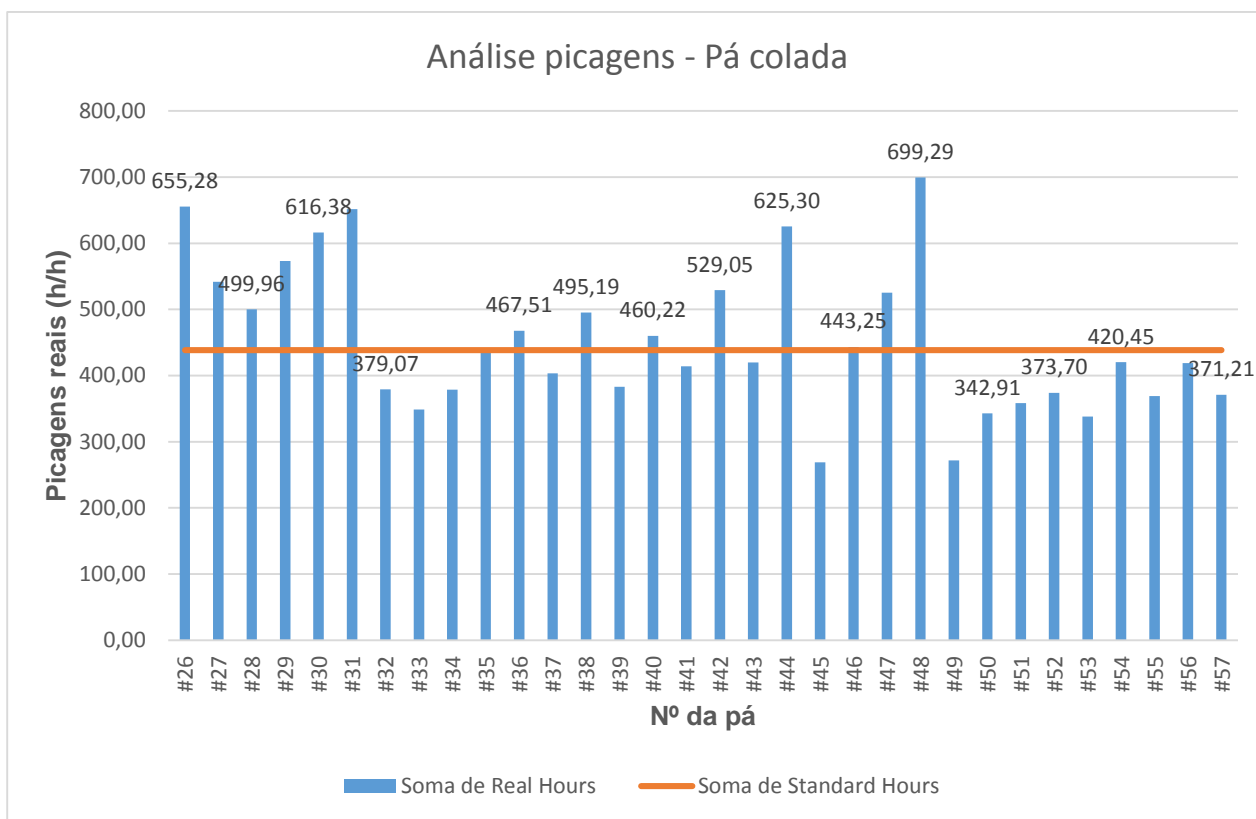


Figura 37 - Análise de picagens reais do fabrico da pá colada

Tal como se pode observar no gráfico da figura 37, as picagens reais acompanharam a descida do tempo de ciclo da pá colada. Mas ao mesmo tempo, as picagens estão bastante desregulares e com grande variabilidade. A partir da pá #49, todos os valores estão abaixo da MOD correspondente às 24 horas de tempo de ciclo.

iii) Propostas para melhoria dos registos e análise da MOD

Pedido de alteração de processos

A equipa de engenharia de produto coloca os tempos de processamento e as horas-homem das tarefas em SAP, ficando responsável por atualizações futuras. As alterações a serem introduzidas no sistema, podem ser de tempos de processamento das tarefas, corte ou adição das próprias tarefas ou alteração do número de operadores, entre outras. Para realizar essas alterações, é a equipa de engenharia de processo que fornece os dados, validando essa mesma atualização. Foi realizada uma proposta de um ficheiro para que houvesse pedidos de alteração e atualização de dados no sistema SAP, com o intuito de facilitar a troca de informação entre as duas equipas (processo e

produto), ficando assim registado todo o tipo de modificações dos vários projetos, servindo de base para ações futuras que possam influenciar o processo. Tal como é feito no caso do pedido de alteração de BOM, esta proposta tem um objetivo semelhante, tornando a troca de informação e registo de dados mais simples e eficaz. Na tabela de alterações de dados no sistema SAP (tabela 16) podem-se encontrar colunas a serem preenchidas pela equipa de engenharia de processo, tal como o tipo de roteiro, a descrição do roteiro, o motivo da alteração, um breve comentário, o estado atual e a alteração pretendida, entre outras. De seguida o ficheiro é consultado pela equipa de engenharia do produto, que preenche outras colunas, tal como a data de alteração, o responsável por essa atualização e o *status* da ação (fechado ou aberto). Na tabela 16, está representado um exemplo de duas alterações feitas no projeto.

Tabela 16 - Pedido de alterações dos processos

Nº alteração	Projeto	Código Roteiro	Tipo de Roteiro	Descrição do Roteiro	Motivo Alteração	Data Alteração	Responsável
1	RE68.5MK1	#####	Girder SS	Core LE	Redução Kit Core	28/09/2018	I.K
2	RE68.5MK1	#####	Pá Colada	Lay-up externo	Otimização do processo	12/11/2018	I.K.






Quant. Atual	Unid	Quant. Inicial	Unid2	Δ	Data Alteração2	Responsável2	Status	Comentários
20	min	15	min	5	16/10/2018	P.M.	Fechado	
90	min	55	min	35	25/11/2018	P.M.	Aberto	

É visível na tabela 16, um exemplo de uma alteração, como a que contém o número de alteração “2”. Essa alteração é relativa ao processo da pá colada, mais propriamente o *layup* externo, onde houve uma otimização do processo que originou a redução do tempo de processamento do *layup* em 35 minutos (90 - 55). Na coluna do *status* está “Aberto”, ou seja, a atualização no sistema SAP ainda não foi realizada pela equipa do produto que fica responsável por preencher os campos com a cor amarela.

Este ficheiro está disponível na rede interna da empresa, onde qualquer colaborador de engenharia tem acesso, e a qualquer momento pode preencher e realizar essa mesma alteração. Esta proposta tem como objetivo dar maior importância à troca de dados entre as equipas de engenharia (processo e produto) com o objetivo de ser feita uma atualização constante dos dados no sistema SAP, não deixando que as análises financeiras não sejam irreais, isto é, considerarem valores/custos desatualizados.

Devido às diversas falhas no registo das horas-homem por parte dos colaboradores, como foi observado na tabela 15, foi proposto à empresa uma atualização dos quadros de seguimento com a inclusão de picagens no momento da alteração das tarefas. Assim, os operadores sabem quando é que necessitam de ir à máquina de registo alterar a operação em questão.

DATA:	1	25.08.2016	PEÇA Nº	OP NÚMERO:		
HORA:	4º MG D 3W	5º MG REAL	OPERAÇÃO	OBJ REAL	OB TOTAL NEW TOTAL	COMENTÁRIOS
			Limpeza molde - HOLDPOINT PRODUÇÃO (VERIFICAÇÃO CALHAS DE VÁCUO)	20	20	
			Aplicação desmoldante	15	35	
			Secagem desmoldante	15	50	
			Fitas e Aplicação gelcoat	25	75	
			Cura gelcoat + Root	45	120	Picagem
			Lay-up externo SHEL	55	175	
			Colocação Girdar + TEG	40	215	
			Balsa/Espuma	30	245	
			Layup interno SHEL, LE BC e TE BC	55	300	
			Peel-Ply + Folha desmoldante	15	315	
			Green mesh + Canais resina - HOLDPOINT PRODUÇÃO	40	355	
			Saco vácuo 1 + 2	30	385	Picagem
			Estabilização+Teste vácuo - HOLDPOINT PRODUÇÃO	45	430	
			Infusão	35	525	Picagem

		Peak Point + Rumping + Cura	240	765	 Picagem
		Ripagem + Controle Qualidade	35	800	
		Ripagem Gílder + Teste seco Web's SS	25	825	
		Aplicação Cola SS	25	850	 Picagem
		Remoção do excesso da cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Retecores + Teste condutividade	100	950	 Picagem
		Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	60	1010	
		Teste Seco PS	20	1030	
		Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	20	1050	
		Aplicação Cola PS	25	1075	
		Fecho do Molde+Limpeza de Cola - HOLDPOINT PRODUÇÃO (VÁCUO DURANTE FECHO)	30	1105	 Picagem
		Rump up + Cura Pá	260	1365	 Picagem
		Abertura Molde - HOLDPOINT PRODUÇÃO (VERIFICAÇÃO TEMPERATURAS DO MOLDE)	30	1395	
		Arrefecimento e Desmoldagem Pá	70	1465	
		TOTAL (incluindo Resaca)	1465		

68

O objetivo final destas propostas foi a otimização da análise das picagens reais, o que auxilia no balanceamento dos postos de trabalho, neste caso, no número de elementos das equipas. Com a extração SAP das picagens, ao comparar com os valores teóricos, pode-se idealizar quais as equipas que estão a ter desvios de horas de MOD. Esta informação era posteriormente comunicada aos diretores de produção para realizarem o respetivo balanceamento do número de elementos de cada equipa alocados a uma tarefa.

4.2.3 - Takt Time vs Tempo de Ciclo

Para além da análise de tempos de ciclo, outra ferramenta utilizada neste trabalho foi o *takt time* que, tal como foi explicado anteriormente no enquadramento teórico, é usado como um mecanismo de gestão e controlo da produção, refletindo a taxa de procura do mercado. Esta ferramenta permite fazer um planeamento da produção de forma a não ocorrer excesso ou rutura de *stock*, estabelecendo assim um fluxo contínuo.

Assim, em paralelo com as ações realizadas para a diminuição do tempo de ciclo, foi constantemente analisado o *takt time* ao longo dos meses, com o intuito de poder auxiliar o planeamento da produção e garantir que a redução do tempo de ciclo acompanhava a demanda por parte do cliente. Foi considerado para esta análise, o cliente, como sendo o armazém dos acabamentos, que recebe a pá colada, proveniente do armazém dos moldes.

O *takt time* foi analisado desde o mês de Outubro até ao mês de Abril, acompanhando a evolução do tempo de ciclo.

Para se calcular o tempo operacional líquido diário, foi feita uma diferenciação de turnos, para saber o tempo líquido de cada um. Para o cálculo do tempo operacional líquido semanal, foi realizada a multiplicação por 5 dias úteis. Os valores obtidos são apresentados na tabela 17.

Tabela 17- Cálculo do tempo operacional líquido

Turno 1 (9 horas)	540	min
Almoço:	30	min
Pausa:	15	min
Limpeza:	15	min
Tempo operacional líquido:	480	min
Turno 2 (9 horas)	540	min
Almoço:	30	min
Pausa:	15	min
Limpeza:	15	min
Tempo operacional líquido:	480	min
Turno 3 (8h30)	510	min
Pausa:	30	min
Limpeza:	15	min
Tempo operacional líquido:	465	min
Tempo operacional líquido diário (3 turnos):	1425	min
Tempo operacional líquido semanal (5 dias):	7125	min

O *takt time* para um dado período, é calculado através da seguinte fórmula geral:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ operacional\ líquido/período}{Necessidade\ do\ cliente/período}$$

No caso deste projeto, foi considerado o período semanal. Assim, o *takt time* referente a esse período é obtido usando a fórmula seguinte:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ operacional\ líquido/semana}{Necessidade\ do\ cliente/semana}$$

No caso do período de Outubro a Dezembro de 2018, a necessidade semanal do cliente foi de 3 pás por semana, pelo que se obteve o seguinte *takt time*:

$$Takt\ Time = \frac{7125}{3} = 2375\ min = 39,58\ horas$$

No caso do período de Janeiro a Abril de 2019, a necessidade semanal do cliente aumentou e foi de 4 pás por semana, pelo que se obteve o seguinte *takt time*:

$$Takt\ Time = \frac{7125}{4} = 1781,25\ min = 29,69\ horas$$

No período total (Outubro de 2018 a Abril de 2019), houve um aumento da necessidade semanal do cliente, de 3 para 4 pás, pelo que se verificou uma diminuição do *takt time* de 39,58 horas para 29,69 horas, correspondente a cerca de 25% de redução.

De modo a verificar se o ritmo a que o cliente fazia o seu pedido era sustentado pela produção, foi feito um gráfico (figura 39) onde se verifica a relação entre o tempo de ciclo da produção da pá colada e o *takt time*.

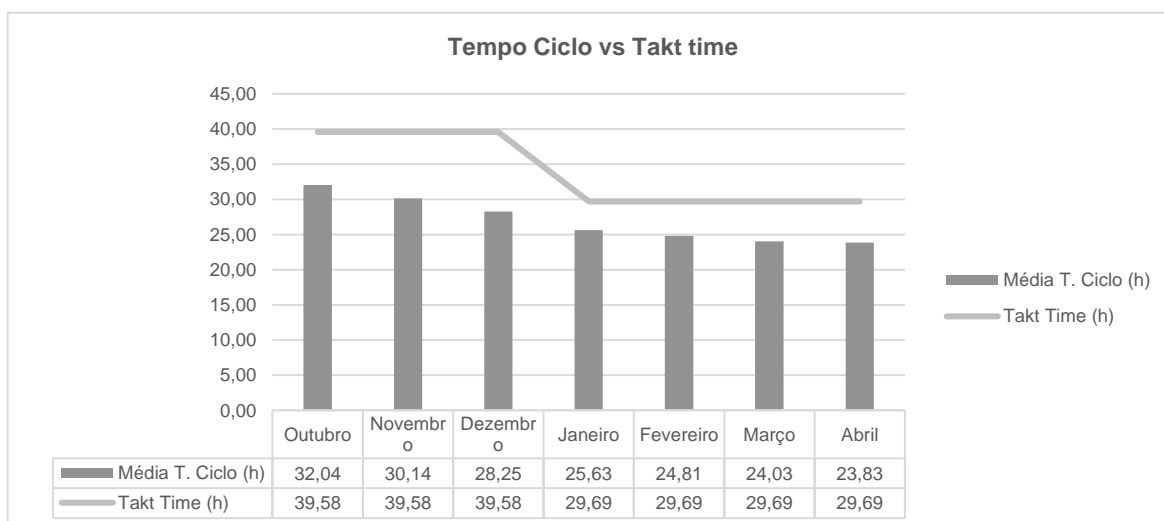


Figura 39 - Tempo de ciclo vs Takt time

Da análise da figura 39, pode-se concluir que a redução do tempo de ciclo médio de cada mês (de 32 para 24 horas) acompanhou a demanda por parte do cliente (*takt time* de 39,6 para 29,7 horas). Assim, é de notar que o ritmo estabelecido a que o cliente fazia o seu pedido, era sustentado pela produção, neste caso, da pá colada.

No final do projeto, dada a proximidade do tempo total de ciclo da pá colada (24 horas) com o *takt time* (29,7 horas), concluiu-se que um aumento semanal da necessidade do cliente envolveria um aumento do tempo operacional líquido. Assim, esta ferramenta, em complemento ao tempo de ciclo, é um elemento chave para identificar estrangulamento de capacidade produtiva existente relativamente à procura do mercado.

4.3 – Análise do processo de fabrico da pá acabada

Neste subcapítulo será abordada a metodologia utilizada para a recolha de dados para posterior análise e tratamento dessa informação, no que diz respeito ao processo produtivo de fabrico da pá acabada.

A metodologia desenvolvida foi similar à que foi usada no subcapítulo 4.2 (fabrico da pá colada), mas com as respetivas adaptações referentes às diferenças nos processos produtivos. Assim, numa primeira fase, foram recolhidos dados para o mapeamento da situação inicial no armazém dos acabamentos em relação à produção da pá acabada do projeto RE68.5. Depois destes dados estarem compilados, foi realizado um tratamento e discussão dos resultados obtidos, e por fim, foram propostas algumas sugestões de melhoria, com o objetivo de otimização do processo produtivo e propostas de trabalhos futuros.

4.3.1 – Recolha de dados e mapeamento do estado inicial

Neste capítulo vai ser descrita a análise realizada ao armazém dos acabamentos, seguindo uma estratégia similar à que foi feita no espaço fabril do armazém dos moldes. Inicialmente foram planeadas as ferramentas e técnicas de recolha de dados, sendo elas diferentes do projeto descrito no subcapítulo anterior e o respetivo mapeamento do estado inicial do processo.

No que diz respeito ao *layout* do armazém dos acabamentos, este não está só dividido por projetos, mas por posições, onde cada uma tem várias *boxes* para todos os projetos em execução, como se pode verificar no anexo E. As operações realizadas em cada posição não são totalmente sequenciais, estando os colaboradores das equipas divididos para realizar tarefas em simultâneo.

A ferramenta mais utilizada foram os CCP's (Carta de Controlo de Processo), estando eles expostos nos "pinokos" (figura 40). Os CCP's são documentos que agrupam todas as informações de qualidade e controlo de processo, contendo assim as horas de movimentação de uma posição para a outra. Esta informação foi imprescindível para o mapeamento do estado inicial do Lead Time do projeto no processo geral dos acabamentos.



Figura 40 - Pinokos

Na tabela 18 encontram-se os dados diretos registados no chão de fábrica por cronometragem e por acompanhamento do processo, bem como o recurso aos dados presentes nos CCP's, estando eles expostos nos "pinokos", que são estruturas presentes junto ao local de cada posição, completando assim a informação com horários de movimentações.

Tabela 18 – Tempo de ocupação das posições no armazém dos acabamentos

Nº pá	Tempo de ocupação da posição (h:m)					Total (d)
	Posição 0	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4	
#55	5:35	26:02	29:09	37:03	5:25	4,30
#56	6:38	32:31	29:32	39:47	4:49	4,72
#57	4:33	21:41	29:16	45:17	5:15	4,42
#58	5:39	25:01	26:08	45:36	6:54	4,56
#59	5:25	41:15	25:50	29:00	7:32	4,54
#60	5:22	26:38	26:30	38:15	3:59	4,20
#61	6:55	21:00	32:00	37:00	4:36	4,23
#62	4:55	24:20	19:10	35:45	4:58	3,71
#63	8:00	16:15	29:45	58:30	4:46	4,89
#64	7:30	40:30	30:00	60:15	8:12	6,10
#65	4:50	19:40	34:40	40:00	5:52	4,38
#66	5:00	25:12	29:50	51:45	4:45	4,86
#67	7:50	18:10	31:50	50:55	5:39	4,77
#69	4:30	31:15	28:25	61:50	5:00	5,46
#70	6:00	25:10	33:20	57:00	5:02	5,27
#72	5:15	18:45	26:55	30:35	6:54	3,68
#73	5:00	20:00	27:45	35:25	4:40	3,87
Média	5:49	25:29	28:49	44:21	5:33	4,59

Tal como se pode verificar na tabela 18, estão agrupados todos os registos de dados de tempo de ocupação em cada posição. Na última linha são apresentadas as médias de tempo para cada posição e na última coluna o somatório de todos os tempos de ocupação, bem como a respetiva média (última linha). Estes últimos valores foram registados em números decimais e não em horas:minutos, para uma visualização mais simples do tempo total de dias úteis que, em média, uma pá do projeto RE68.5 está presente desde que entra no armazém dos acabamentos até que sai.

Como conclusão, pode-se afirmar que a pá do projeto RE68.5 permanece no armazém dos acabamentos em média, 4,59 dias úteis, variando entre 3,68 e 6,10 dias. Esta informação auxilia o planeamento da produção, tornando o PDP (Plano Diretor de Produção) mais fidedigno e confiável.

4.3.2 – Tratamento de dados e discussão de resultados

Nesta fase faz-se o tratamento dos dados que foram inicialmente registados. A filosofia adotada é semelhante à que foi utilizada na primeira parte deste caso de estudo, isto é, no armazém dos moldes. O tratamento vai incidir na análise de indicadores, que neste caso engloba uma matriz de risco, com vista a elaborar um planeamento das oportunidades de melhoria, definindo também prioridades de atuação.

A tabela dos registos das horas (tabela 18) foi modificada, apresentando na tabela 19 os dados em forma de número decimal e não em horas:minutos, para um manuseamento e tratamento mais simples dos dados.

Tabela 19 – Tempo de ocupação das posição no armazém dos acabamentos (em dias)

Nº pá	Lead Time (d)					Total (d)
	Posição 0	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4	
#55	0,233	1,085	1,215	1,544	0,226	4,30
#56	0,277	1,355	1,231	1,658	0,201	4,72
#57	0,190	0,904	1,220	1,887	0,219	4,42
#58	0,236	1,043	1,089	1,900	0,288	4,56
#59	0,226	1,719	1,076	1,208	0,314	4,54
#60	0,224	1,110	1,104	1,594	0,166	4,20
#61	0,288	0,875	1,333	1,542	0,192	4,23
#62	0,205	1,014	0,799	1,490	0,207	3,71
#63	0,333	0,677	1,240	2,438	0,199	4,89
#64	0,313	1,688	1,250	2,510	0,342	6,10
#65	0,201	0,819	1,444	1,667	0,245	4,38
#66	0,208	1,050	1,243	2,156	0,198	4,86
#67	0,326	0,757	1,326	2,122	0,236	4,77
#69	0,188	1,302	1,184	2,576	0,209	5,46
#70	0,250	1,049	1,389	2,375	0,210	5,27
#72	0,219	0,781	1,122	1,274	0,288	3,68
#73	0,208	0,833	1,156	1,476	0,195	3,87
Média	0,24	1,06	1,20	1,85	0,23	4,59

Com os dados presentes na tabela 19, foram criados gráficos para uma perceção visual simples e rápida da variação dos tempos de ocupação para cada posição. Na figura 41 apresenta-se o gráfico de linhas do tempo de ocupação nas diferentes posições para cada uma das pás analisadas.

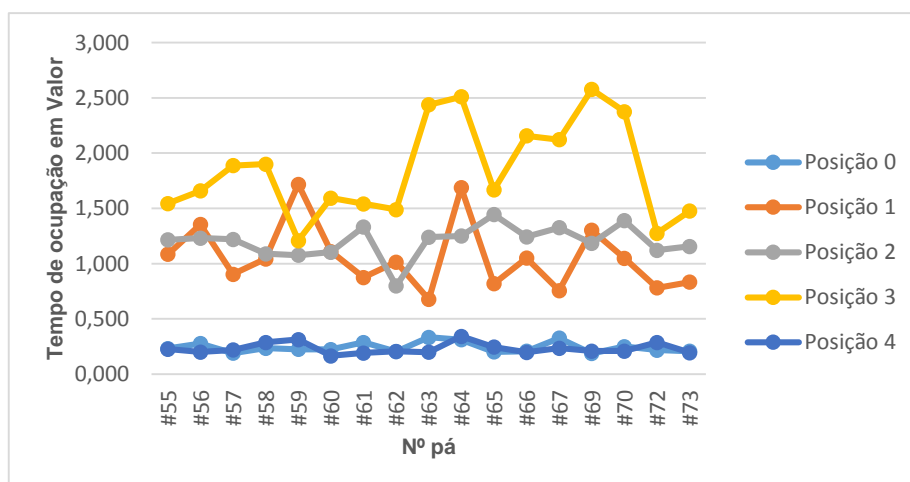


Figura 41 - Gráfico de linhas do tempo de ocupação das posições

Da análise da figura 41, pode-se observar que os tempos de ocupação na posição 0 e na posição 4 são bastante constantes em todas as pás analisadas, sem grande variação de valores. Nas outras posições nota-se uma maior variabilidade e inconsistência dos valores de tempos de ocupação, com destaque para a posição 3, onde os valores são mais elevados e as variações são mais acentuadas.

Com o objetivo de analisar a variação dos dados com mais detalhe, foi usado o *software IBM SPSS 25* para realizar o diagrama de caixa, representado na figura 42:

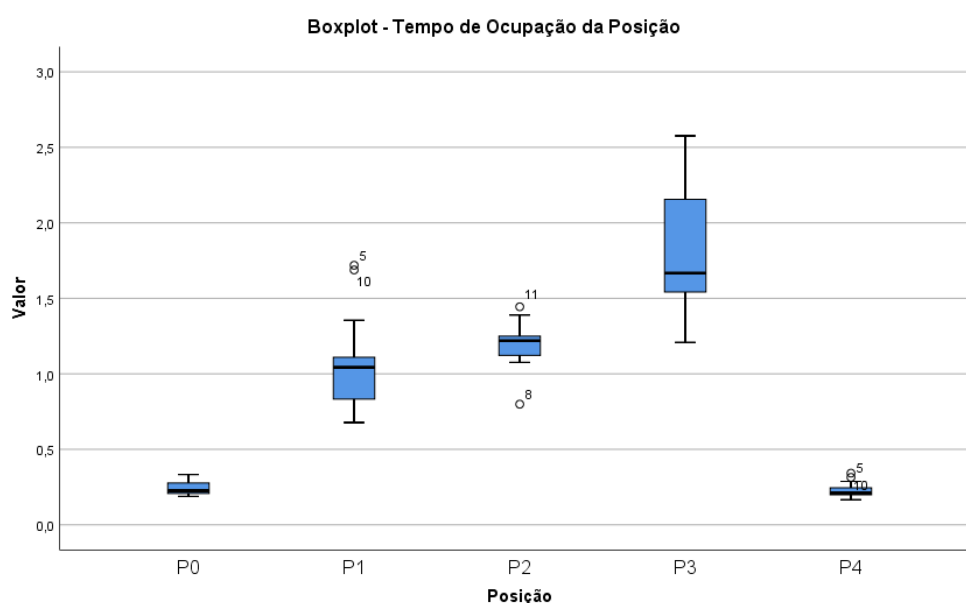


Figura 42 - Diagrama de caixa do tempo de ocupação das posições

Com este diagrama, é possível observar que as amplitudes de valores das posições P1, P2 e P3, são maiores que nas posições P0 e P4. Verifica-se também que as medianas estão desfasadas do centro da caixa para todas as posições, o que simboliza uma distribuição assimétrica. De igual modo, é visível a presença de valores bastante afastados da série de registos, influenciando drasticamente a média e as possíveis interpretações de resultados. Isto resulta numa diminuição da confiança na média como parâmetro para analisar este conjunto de dados em específico.

Assim, foi também analisado o desvio padrão dos dados em relação à média para se observar a sua dispersão. A média por vezes esconde a variabilidade dos dados, e com esse objetivo, foi utilizado um coeficiente que relacione os desvios com a média (coeficiente de variação, CV). A fórmula para o cálculo da percentagem do CV é a seguinte:

$$CV\% = \frac{DesvioPadr\tilde{a}o}{M\acute{e}dia} \times 100$$

Os conjuntos de dados em análise estão medidos em ordens de grandeza diferentes, pois cada posição tem o seu processo específico, sendo os tempos de processamento e as próprias tarefas distintas. Logo, foi necessário o uso do coeficiente de variação para ser feita uma análise comparativa entre os tempos de ocupação nas diferentes posições.

Nesta perspectiva, a análise de dados vai ser dividida em dois cenários distintos. O primeiro cenário é aquele em que as condições de trabalho decorrem normalmente, ou seja, a produção mantém um ritmo estável e padronizado e as equipas constantes e completas, sem grande variedade de colaboradores e baixa taxa de absentismo (cenário 1, baseado na média). O segundo cenário é aquele em que a produção está reduzida, perante a situação de equipas desfalcadas e a ocorrência de atrasos na entrega de materiais pelos fornecedores, o que origina algumas variações nos tempos de ocupação das posições (cenário 2, baseado na mediana). Apesar de inicialmente serem analisadas os dois cenários, no desenvolvimento da ferramenta de matriz de risco, será apenas usado o segundo cenário, dado ser este o cenário mais adequado à realidade da empresa no período final do trabalho, aquando da recolha dos dados.

Na altura do desenvolvimento deste projeto, a empresa Ria Blades passou por uma fase complicada de gestão, o que resultou numa grande diminuição da força de trabalho (recursos humanos), ficando as equipas mais pequenas, e ao mesmo tempo terem-se verificado atrasos nas entregas de material pelos fornecedores. O resultado desta conjuntura foi a constante instabilidade na produção, chegando a haver períodos de não-laboração ou a um ritmo lento. Como consequência, e no caso do trabalho realizado no armazém dos acabamentos, houve um aumento geral nos tempos de ocupação de algumas posições, principalmente naquelas que necessitavam de maior trabalho manual (P1, P2 e P3).

Com a criação do gráfico de linhas (figura 41) e o diagrama de caixa (figura 42), verificou-se que o tratamento dos dados com base apenas na média não seria o mais adequado à situação, pois ela era demasiado afetada pela invariabilidade e inconsistência dos dados, devido aos fatores descritos no parágrafo anterior. Como resultado, foi delineada uma outra estratégia, que consistiu na avaliação dos mesmos parâmetros (valor central, desvio dos valores e a constante de variação) mas com a análise da mediana em vez da média. A comparação destes dois cenários pode ser visualizada nas tabelas 20 e 21.

Tabela 20 - Tratamento de dados usando a média (cenário 1)

Cenário 1	P0	P1	P2	P3	P4
Média	0,24	1,06	1,2	1,85	0,23
Desvio Padrão	0,05	1,3	0,15	0,44	0,05
CV%	0,2	0,28	0,12	0,24	0,21

Tabela 21 - Tratamento de dados usando a mediana (cenário 2)

Cenário 2	P0	P1	P2	P3	P4
Mediana	0,226	1,043	1,22	1,667	0,21
Desv. Pad. (Mediana)	0,024	0,21	0,098	0,233	0,016
CV% (Mediana)	0,108	0,201	0,081	0,14	0,076

Fazendo uma comparação rápida entre os dois cenários, no geral, verifica-se que as medianas das várias posições são ligeiramente mais baixas que as médias, à exceção da posição 2. Os coeficientes de variação são também mais baixos no segundo cenário, sendo o efeito direto do uso da mediana nos cálculos, que não se deixa influenciar por alguns *outliers*. Estes *outliers* são os valores que se diferenciam drasticamente de todos os outros, isto é, são observações que apresentam um grande afastamento em relação ao resto dos registos, designados por valores inconsistentes. A sua inclusão leva, em muitas situações, a interpretações erradas dos resultados da análise.

De seguida, realizou-se um estudo ao número de vezes que os valores dos tempos de ocupação das posições estavam acima do objetivo de cada posição, cujos valores *target* tinham sido estabelecidos pela equipa de engenharia, e sustentados em matrizes de operação, em dados históricos e em dados obtidos durante o acompanhamento do processo. Atendendo à situação real da empresa (falta de recursos humanos e atrasos nas entregas dos fornecedores), os valores objetivo para este período foram aumentados, tendo sido ajustados para os seguintes valores: posição 0 e posição 4 com 8 horas e as posições 1, 2 e 3 com 24 horas. Os resultados das amplitudes de observações acima dos valores objetivo, assim como o número de vezes que esses valores *target* eram excedidos, são apresentados na tabela 22.

Tabela 22- Amplitude das observações acima do objetivo

Nº pá	Lead Time				
	Posição 0	Posição 1	Posição 2	Posição 3	Posição 4
#55	-	0,085	0,215	0,544	-
#56	-	0,355	0,231	0,658	-
#57	-	-	0,220	0,887	-
#58	-	0,043	0,089	0,900	-
#59	-	0,719	0,076	0,208	-
#60	-	0,110	0,104	0,594	-
#61	-	-	0,333	0,542	-
#62	-	0,014	-	0,490	-
#63	-	-	0,240	1,438	-
#64	-	0,688	0,250	1,510	0,009
#65	-	-	0,444	0,667	-
#66	-	0,050	0,243	1,156	-
#67	-	-	0,326	1,122	-
#69	-	0,302	0,184	1,576	-
#70	-	0,049	0,389	1,375	-
#72	-	-	0,122	0,274	-
#73	-	-	0,156	0,476	-
Objetivo	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33
Nº obs acima	0	10	16	17	1

Da análise da tabela 22, verifica-se que as posições 2 e 3 são aquelas que apresentam um maior número de observações, 16 e 17 respetivamente, acima do valor objetivo ajustado para a realidade da empresa naquele período.

Com este tratamento da informação, foi possível a criação de tabelas-chave que dão suporte a uma matriz de risco para o processo em estudo. Os vários níveis de risco foram assim delineados, resultando posteriormente no planeamento de prioridades de atuação.

Neste contexto, foram feitas duas tabelas-chave (tabelas 23 e 24), uma respeitante à probabilidade de ocorrência de valores acima do *target*, e outra respeitante ao grau de severidade que essa ocorrência pudesse resultar no afastamento do *target*.

Tabela 23 - Chave de probabilidade na análise de risco

Probabilidade		Especificação
1	Muito Raro	Muito baixa probabilidade de ocorrência (entre 0 e 4)
2	Raro	Baixa probabilidade de ocorrência (entre 5 e 9)
3	Frequente	Média probabilidade de ocorrência (entre 10 e 14)
4	Muito Frequente	Alta probabilidade de ocorrência (maior que 14)

Para cada nível de probabilidade de ocorrência foi atribuído um número, tendo sido considerados 4 níveis (tabela 23). Estes valores têm em consideração o número de amostras (N=17). Nesta primeira tabela-chave tem-se a probabilidade de um dado risco acontecer. Neste caso, o risco é o atraso na produção, levando a altos tempos de ocupação nas posições, resultando em atrasos nas entregas e grandes perdas financeiras, pois cada atraso no produto-final tem um enorme peso em termos financeiros.

Tabela 24 - Chave de severidade na análise de risco (usando mediana)

Severidade		Especificação	Consequência
1	Muito Baixa	Coeficiente de variação muito baixo. [0,05;0,1[Muito baixa dispersão; Dados homogêneos
2	Baixa	Coeficiente de variação baixo. [0,1;0,15[Baixa dispersão; Dados homogêneos
3	Média	Coeficiente de variação médio. [0,15;0,2[Média dispersão; Dados pouco homogêneos
4	Alta	Coeficiente de variação alto. [0,2;0,25[Alta dispersão; Dados heterogêneos
5	Muito Alta	Coeficiente de variação muito alto. [0,25;0,3]	Muito alta dispersão; Dados heterogêneos

De modo análogo e para cada nível de severidade dos valores acima do *target*, foi atribuído um número, tendo sido considerados 5 níveis (tabela 24). Com esta tabela-chave concluiu-se mais um passo no desenvolvimento da matriz de risco. Na tabela 24 é associado o valor do coeficiente de variação, ou seja, a dispersão dos dados, à severidade do risco, resultando numa quantificação dos atrasos em conjunto com a variação dos valores. Neste caso, quanto mais alto o valor do coeficiente de variação, mais alta é a dispersão dos valores, ou seja, ter dados heterogêneos.

O passo seguinte foi desenvolver a matriz de risco (tabela 25), utilizando as duas tabelas-chave criadas anteriormente. A probabilidade de ocorrência foi colocada no eixo dos yy e a severidade no eixo dos xx, onde cada nível corresponde a um valor numérico. Os valores presentes nas células coloridas da matriz apresentada na tabela 25 resultam da multiplicação dos níveis correspondentes às duas variáveis (probabilidade e severidade de ocorrência). A cor reflete a análise de risco, onde a cor verde representa um risco baixo e a cor vermelha um risco elevado. A cor amarela reflete riscos intermédios.

Tabela 25 - Probabilidade vs severidade na análise de risco

		Severidade				
		Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito Alta (5)
Probabilidade de ocorrência	Muito Raro (1)	1	2	3	4	5
	Raro (2)	2	4	6	8	10
	Frequente (3)	3	6	9	12	15
	Muito frequente (4)	4	8	12	16	20

Com a criação destas 3 tabelas, foi então realizada a análise de risco (probabilidade de ocorrência e grau de severidade em relação aos valores objetivo) relativamente às várias posições pertencentes ao armazém de acabamentos no que diz respeito ao projeto RE68.5.

Foi então estudada cada posição individualmente, onde as suas características eram avaliadas consoante as duas tabelas-chave (tabela 23 e 24). O passo seguinte foi cruzar essas duas informações e completar com a última tabela de probabilidade e severidade (tabela 25), preenchendo o local devido. O preenchimento da célula referente a cada posição na tabela 25 indica qual o risco que lhe está associado.

Para a posição 0, tem-se que o número de observações acima do objetivo foi de 0, ou seja nível 1 (muito raro) e um coeficiente de variação de 10,8% (nível 2 – severidade baixa).

Para a posição 1, temos que o número de observações foi de 10 (nível 3) e um coeficiente de variação de 20,1% (nível 4 – severidade alta).

Para a posição 2, o número de observações foi de 16 (nível 4) e um coeficiente de variação de 8,1% (nível 1).

Para a posição 3, o número de observações foi de 17 (nível 4) e um coeficiente de variação de 14% (nível 2).

Para a posição 4, o número de observações foi de 1 (nível 1) e um coeficiente de variação de 7,6% (nível 1).

Com estes dados, foi elaborada a tabela 26, de modo a ser possível identificar prioridades de atuação no planeamento das ações de melhoria do processo produtivo da pá acabada.

Tabela 26- Resultado da análise de risco

		Severidade				
		Muito Baixa (1)	Baixa (2)	Média (3)	Alta (4)	Muito Alta (5)
Probabilidade de ocorrência	Muito Raro (1)	Posição 4	Posição 0			
	Raro (2)					
	Frequente (3)				Posição 1	
	Muito frequente (4)	Posição 2	Posição 3			

Da análise da tabela 26, pode-se concluir que a prioridade de atuação será dada à posição 1, pois é aquela que se encontra com um maior número de risco (12), seguida da posição 3 (risco 8), depois a posição 2 (risco 4), a posição 0 (risco 2) e por último a posição 4 (risco 1). Assim, com esta matriz, consegue-se definir um plano de prioridades de atuação com o objetivo de redução dos tempos de processamento das várias posições. Depois de definidas as prioridades, devem ser identificadas as ações de melhoria para cada uma das posições.

4.3.3 – Propostas de ações de melhoria

Neste capítulo são desenvolvidas propostas de ações de melhoria que devem ser implementadas na empresa e que servem de auxílio à otimização e redução do Lead Time no processo de acabamentos.

Devido a problemas internos, a produção na fábrica teve bastantes paragens, conforme descrito anteriormente, o que dificultou a recolha de alguns dados de processo. Também foram encontradas lacunas de informação no que diz respeito a reparações, como por exemplo, o tempo despendido a reparar não é contabilizado em lado nenhum, o que dificulta a análise dos tempos de processamento, pois não são indicados os tempos inativos ou que são apenas resultantes de reparações.

Como procedimento de recolha de dados, durante esta fase do projeto, foi apenas obtida a informação que estava nos *SW (Standard Works)* e a informação das matrizes de operações (figura 43) e realizada alguma discussão com os operadores das várias equipas.

Matriz de Operações						RE68.5MK1																				DATA										HORA										Assinatura									
																LOGÍSTICA:																																							
						Nº Pá :										INICIO OPERAÇÕES:																																							
																FIM OPERAÇÕES:																																							
Operação Macro	Hora Início	Hora Fim		MOD	MOD real	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0																
Inspecção Qualidade			Inspecção	0		0	0	0																																															
Corte TE + LE			Corte TE Z=0 até Z=37.5	1					1	1	1	1																																											
			Desbaste/Acerto TE	1						1	1	1																																											
			Corte TE Z=37.5 até Z66.5	2											2	2	2	2																																					
			Corte TE Z=66.5 até Tip	2															2	2																																			
			Corte/Desbaste/Acerto LE (Z0-Z18)	2						2	2	2	2																																										
			Corte/Desbaste/Acerto LE (Z18-Tip)	2												2	2	2	2																																				
Preparação Reforços			Prep. Superfície para Laminações TE Z27	2						2	2																																												
			Prep. Superfície para Laminações LE Z18	2									2	2																																									
Despolir zonas verdes			Shell PS	2										2	2	2		2	2	2	2	2																																	
			Zonas verdes + Apoio Tip	4															2	2	2	2	2	2																															
Limpeza			Interior e exterior	2																		2	2	2	2																														
Inspecção Qualidade			Linhas colagem	0																						0	0																												
Despolimento CDR			PS + SS	0																																																			
LGAT				1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																										
Movimentação Robot e P0-P1				1																								1																											
			HORA (0,5 EM 0,5HORA)			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0																
			Nº Total MOD			1	1	1	4	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	7	5	3	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
			LEGENDA:			1º TURNO										X	2º TURNO										3º TURNO										Δ																		
						0,5	0,5	0,5	2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	2,5	3,5	2,5	1,5	1,5	0,5	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

Figura 43 - Matriz de operações da posição 0

Toda esta informação foi cruzada, verificando-se que havia SW em falta e tarefas que não estavam representadas na matriz de operações, isto é, estas matrizes e os SW estavam desatualizados.

Com esta análise, foram encontradas algumas oportunidades de melhoria nas diversas fases, como a identificação de SW's em falta de uma certa operação ou de informação que não coincidia entre os dois documentos (SW e MO – matriz de operações). Para além disso, com a alta rotatividade de colaboradores, é necessário uma formação constante dos mesmos, pois os processos são bastante manuais e alguns bem complexos. A falta de informação e organização nos *standards* de trabalho agrava ainda mais a inconsistência e invariabilidade dos tempos de ocupação das posições. Com isso, as oportunidades de melhoria encontradas neste armazém dos acabamentos (produção da pá acabada), passaria inicialmente por atualizar todos os SW's, para os colaboradores, especialmente para os mais novos se guiarem, evitando assim grandes atrasos nos tempos de processamento. Essas e outras oportunidades de melhoria estão divididas por posição e estão descritas na tabela 27.

Tabela 27- Plano de ações no armazém dos acabamentos

Ações	Área
Despolimento robotizado na matriz de operações em falta	P0
SW de controlo de distância entre insertos em falta	P0
Operação de colocação do Load Sensor na matriz de operações em falta	P1
Montagem BoB na MO em falta	P1
Montagem IDS na MO em falta	P1
Medição e retificação da espessura TE em falta	P1
Operação de colocação do Load Sensor na matriz de operações em falta	P2
Operação de laminação do pé das webs na matriz de operações em falta	P2
SW de limpeza de insertos em falta	P2
Caixa conexão BoB na MO (matriz de operações) em falta	P2
Montagem IDS na MO em falta	P2
Drain Hole (SW) na P2?	P2
SW de lixagem e massas (SW) em falta	P2
Montagem caixa BoB na MO e CCP em falta	P3
SW Silicone/Colagem dos cabos do LoadSensor na RCO em falta ?!	P3
Furação recetores na MO em falta	P3
Montagem da TIP na MO em falta	P3
Colocação dos Load Sensors na MO em falta; LD em P3?	P3
Montagem IDS na MO em falta; IDS em P3?	P3
SW pintura flange zintech em falta	P3

Tal como foi analisado na matriz de risco, a prioridade seria atuar primeiro na posição P1, seguindo-se a posição P3, depois a posição P2, seguida da posição P0 e por fim a posição P4 (de acordo com os níveis de risco). Durante a o processo de identificação de oportunidades de melhorias, constatou-se não haver medidas para a posição P4, que também já tinha sido identificada como tendo o menor risco associado, conforme se pode observar na tabela 26. Dadas as paragens sucessivas do processo produtivo, não foi possível implementar estas ações de melhoria, nem avaliar os efeitos no processo produtivo da pá acabada.

4.4 – Análise complementar do BPMN

Com o objetivo de se encontrarem oportunidades de melhoria gerais, isto é, que não fossem específicas do processo produtivo da pá acabada ou da pá colada, foi feita uma análise ao BPMN do processo (figura 21) que tinha sido realizado anteriormente. Da análise dessa figura, pode-se verificar que as reparações são um ponto crítico do processo, pois se não correrem como previsto, a pá é considerada sucata.

Neste sentido, destaca-se, como exemplo, uma parte do BPMN completo, que se encontra na figura 44, onde se pretende mostrar o foco no retrabalho ou reparações.

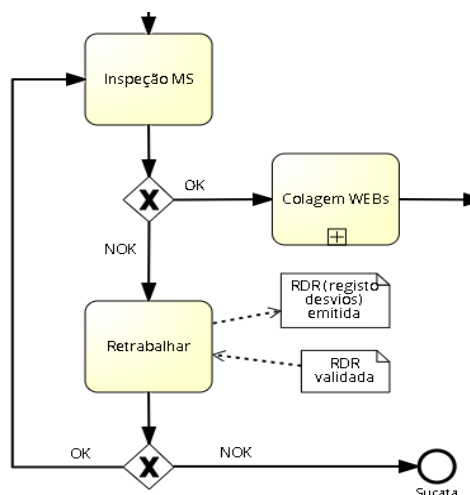


Figura 44 - BPMN das reparações

Numa indústria com produtos destas dimensões, uma declaração de sucata acarreta enormes custos à empresa. Portanto, em trabalhos futuros, o foco deverá ser o estudo da componente relativa às reparações, de modo a perceber quais os tempos afetos ao retrabalho, que neste momento não são contabilizados. A documentação RDR (Relatório

de Desvios e Reparações) tem de ser otimizada, pois é um ponto extremamente crítico em todo o processo fabril.

A análise do tempo de reparações passa pela necessidade de criação de valor ao cliente (tempo inativo vs tempo de valor acrescentado).

5. Conclusões e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho, tendo em conta algumas limitações ocorridas durante a sua realização. Assim, será abordado o cumprimento dos objetivos estabelecidos inicialmente para o projeto e serão refletidas as conclusões em relação ao objetivo principal de redução do tempo total de ciclo na produção da pá colada (armazém dos molde), assim como as conclusões da análise realizada ao processo de produção da pá acabada (armazém dos acabamentos). Serão ainda apresentadas algumas propostas de possíveis trabalhos futuros a implementar na empresa.

5.1 – Considerações Gerais

Com a evolução do mercado, as empresas procuram ter vantagem competitiva entre si. Com isso, são tomadas variadas estratégias de atuação com o objetivo de criar o máximo valor para o cliente. A filosofia Lean auxilia as organizações na eliminação de atividades que não acrescentam valor ao consumidor final.

Sendo assim, neste trabalho foram adotadas ferramentas de métodos e tempos em conjunto com uma avaliação de indicadores de desempenho, com o objetivo de definição de prioridades de atuação, com vista à redução do tempo total de ciclo da pá colada. Com a estratégia criada, foi possível a atuação individual em cada equipa, observando o processo a ser otimizado gradualmente.

Depois da implementação de todas as ações planeadas, o tempo total de ciclo da produção da pá colada no projeto RE68.5 atingiu as 24 horas, sendo este o objetivo principal deste estudo. A análise e acompanhamento que foram feitos às equipas individualmente tiveram resultados positivos, tendo elas atingido os targets pré-estabelecidos para cada uma:

- Desde a primeira pá analisada até à validação do ciclo de 24 horas, a equipa de colagem reduziu o tempo em 327 minutos, o que correspondeu a 38,6% de redução do tempo de ciclo deste subprocesso.
- No mesmo intervalo de tempo, a equipa de *layup* e infusão reduziu o tempo em 280 minutos, o que correspondeu a 37% de redução do tempo de ciclo deste subprocesso.
- A equipa de desmoldagem foi a que obteve uma descida menor do tempo de ciclo, em cerca de 53 minutos, equivalente a 11,6% de redução, pois este

subprocesso já se encontrava na fase inicial perto dos valores *target* pré-estabelecidos.

- A equipa que necessitou de maior atenção e que teve resultados maiores em termos de redução do tempo de ciclo foi a de colagem, seguida do *layup* e infusão e por último a desmoldagem.
- O processo de produção da pá colada reduziu no total, cerca de 660 minutos, equivalente a 11 horas (31,4% de redução do tempo total de ciclo), passando de 35 horas para 24 horas.

Em paralelo, e com o objetivo principal cumprido de redução do tempo total de ciclo na produção da pá colada, foram propostas melhorias no que diz respeito à forma como os dados são recolhidos e atualizados no sistema SAP, visto que a empresa apresentava bastantes limitações na coerência de recolha e atualização desses dados no sistema SAP. O facto de ter ocorrido a redução dos tempos de ciclo, isso acarretou também, uma diminuição dos custos de produção direta em relação à mão-de-obra (horas-homem) do processo produtivo. Assim:

- Com a atualização de dados no sistema SAP, o custo de mão-de-obra associado à produção da pá colada reduziu bastante. As horas-homem passaram de 291,7 para 184, correspondente a uma redução de 36,9%.

Sabendo que cada operador tem um custo associado à empresa de 19,7 €/h, verificou-se uma redução do custo de produção associado à mão-de-obra direta de 2.121,69 €, correspondente a uma redução de 36,9%.

5.3 – Limitações

As estratégias adotadas no projeto auxiliaram na redução dos tempos de ciclo, atingindo os objetivos iniciais. O resultado foi bastante positivo, mas a falta inicial de coerência no preenchimento dos quadros de seguimento e nas picagens dos operadores nas máquinas de registo levaram a algumas limitações e atrasos durante o desenvolvimento deste estágio.

No armazém dos acabamentos, a metodologia usada para redução dos tempos de ocupação de posição foi semelhante à do caso de estudo dos moldes. No entanto, a recolha de dados foi mais complexa, porque cada posição tinha várias tarefas em paralelo, o que dificultava o controlo do processo em termos de registo. Para além disso, houve uma

altura em que o tamanho das equipas estava desfasado do ideal, estando completamente descompensadas, fruto da situação em que se encontrava a empresa, o que resultou em grandes atrasos e perdas de ritmo na execução das tarefas do processo fabril.

Na fase final do trabalho, e devido a problemas internos da empresa, a produção esteve bastante tempo parada, o que impossibilitou a conclusão da metodologia inicialmente planeada para o processo produtivo da pá acabada. Com os dados obtidos até à paragem fabril, foi realizado um tratamento de dados diferenciado na produção da pá acabada, em comparação com o que foi utilizado na produção da pá colada (armazém dos moldes). A padronização do processo criada para o armazém dos moldes foi replicada para o armazém dos acabamentos mas, devido a estas limitações, não foi possível a sua conclusão.

5.4 – Sugestões de trabalho futuro

Num conceito de melhoria contínua, é fundamental para a empresa a continuação do uso desta padronização do processo nos restantes projetos da empresa de modo a atingir as 24 horas de tempo total de ciclo, da forma mais rápida e eficaz.

No decorrer do projeto, foram encontradas oportunidades de melhoria no que diz respeito às reparações/retrabalho. Neste campo, é necessário contabilizar os tempos de retrabalho nas picagens para uma análise fidedigna dos tempos inativos, ou seja, que não acrescentam valor ao cliente. Para isso, seria necessária uma reestruturação e organização dos documentos de reparações (RDR – Relatório de Desvios e Reparções) e um controle maior dos operadores que realizam essas operações.

Referências

- Ali, R., & Deif, A. (2014). Dynamic Lean Assessment for Takt Time Implementation. In *47th CIRP Conference on Manufacturing Systems* (Vol. 17, pp. 577–581).
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.128>
- Almeida, L. da C., Salles, S. A. F., Carvalho, R. L., Salles, F., Moraes, A. S. C., & Silva, S. V. (2018, September). BPMN e ferramentas da qualidade para melhoria de processos : um estudo de caso. *Gepros: Gestão Da Produção, Operações e Sistemas*, 156–175. <https://doi.org/10.15675/gepros.v14i4.2308>
- Alvarez, R. dos R., & Antunes Jr., J. A. V. (2001). Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, 8(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1590/s0104-530x2001000100002>
- Arora, A., & Kaur, S. (2015). Performance Assessment Model for Management Educators Based on KRA / KPI. In *International Conference on Technology and Business Management* (pp. 218–221).
- Ball, D. J., & Watt, J. (2013). Further Thoughts on the Utility of Risk Matrices. *Risk Analysis*, 33(11), 2068–2078. <https://doi.org/10.1111/risa.12057>
- Canello, F. da C. (2015, December). BPMN : Identificando vantagens e desvantagens do uso desta ferramenta para modelagem de processos. *Revista Escola de Negócios*.
- Carvalho, J. P. (2015). *Análise de tempos e métodos e implementação de ferramentas lean num sistema produtivo*. Universidade do Minho.
- Caser, E. E., & Paiva, G. da M. (2016). *Projeto Aerodinâmico De Uma Turbina Eólica De Eixo Vertical (Teev) Para Ambientes Urbanos*. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo.
- Cunha, O. M. C. (2012). *Implementação da metodologia 5S e análise de tempos e métodos numa linha de montagem de carroçarias*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Edtmayr, T., Sihn, W., & Kuhlmann, P. (2011). Methodical approach to designing workplaces and increasing productivity based on value stream mapping and methods-time measurement. *Transactions of FAMENA*, 1, 91–100.
- Gaspar, V. L. M. (2016). *Análise de Tempos e Métodos numa Linha de Produção de*

Autocarros. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

- Gomes, L. de C., & Corrêa, R. G. de F. (2018). Utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em células de manufatura considerando o takt time. *Gepros: Gestão Da Produção, Operações e Sistemas*, 13(3), 276.
<https://doi.org/10.15675/gepros.v13i3.1960>
- Haber, J., & Schryver, C. (2019). How to Create Key Performance Indicators. *The CPA Journal*.
- Keim, E. (2019). Rethinking the Basics: Takt Time and Workload Balancing. *Journal for Quality and Participation*, 41(4).
- Koptak, M., Džubáková, M., Vasilien, V., & Vasilis, A. (2017). Work Standards in Selected Third Party Logistics Operations : MTM-LOGISTICS Case Study. In *10th International Scientific Conference Transbaltica 2017: Transportation Science and Technology* (Vol. 187, pp. 160–166). Bratislava.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.428>
- Mariano, I. C., & Müller, C. J. (2006). Melhoria de processos pelo BPM: aplicação no setor público. *Gestão & Produção*.
- Marques, C. A. G. (2008). *Tempos e Métodos-Optimização de Processos e Tempos de Produção" na Faurecia, Assentos para Automóvel*,. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Matheus Muller. (2015). *Projeto de uma Turbina Eólica de eixo horizontal*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Meier, H., Lagemann, H., Morlock, F., & Rathmann, C. (2013). Key performance indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. *Procedia CIRP*, 11, 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.07.056>
- Mourão, G. G. de O. (2017). *Gestão de processos do negócio: um estudo de BPM em processos de exportação*. Universidade Federal Fluminense.
- Ni, H., Chen, A., & Chen, N. (2010). Some extensions on risk matrix approach. *Safety Science*, 48(10), 1269–1278. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.04.005>
- Pizza, W. R. (2012). *A metodologia Business Process Management (BPM) e sua importância para as organizações* . Faculdade de Tecnologia de São Paulo.

- Respício, A., & Domingos, D. (2015). Reliability of BPMN Business Processes. In *Procedia - Procedia Computer Science* (Vol. 64, pp. 643–650). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.578>
- Roberto, M., Araújo, A., Varela, M. L., Machado, J., & João, P. (2017). Methods Time Measurement on the Optimization of a Productive Process : A Case Study. In *4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies* (pp. 980–985). Barcelona, Spain.
- Rondinele, R., Maria, A., Correia, M., & Lucena, A. D. (2015, May). Estudo de tempos e métodos no processo produtivo de uma panificadora localizada em mossoró. *Revista Eletrônica Gestão e Sociedade*, 977–999.
- Wind, G., & Council Energy. (2019). Gwec Report 2018. In *Wind Global Council Energy*. Retrieved from www.gwec.net
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world*. New York.

Anexos

Anexo A - Relatório Industrial do projeto RE68.5 MK1

	Operation	Man/hour [min]	Man/hour [h]	Cycle Time mold/position [min]	Cycle Time mold/position [h]	Target [h]	Total Cost MOD [l]
Finishing	P0	2641	44,02	980	16,33	-	
	P1	8096	134,93	970	16,17	-	
	P2	7488	124,80	900	15,00	-	
	P3	7780	129,67	1250	20,83	-	
	P4	2736	45,60	960	16,00	-	
MS	Pá Colada	26310	438,50	2030	33,83	24,00	
RJ	RJ SS	2295	38,25	1435	23,92	24,00	
	RJ PS	2295	38,25	1435	23,92	24,00	
Pre-Fabs	Girder SS	3100	51,67	845	14,08	12,00	
	Girder PS	3100	51,67	845	14,08	12,00	
	Web HK	2445	40,75	825	13,75	12,00	
	Web YK	2385	39,75	810	13,50	12,00	
	TEG SS	2415	40,25	820	13,67	12,00	
	TEG PS	2415	40,25	820	13,67	12,00	
	Regua Brackets	140	2,33	405	6,75	12,00	
	RCO	395	6,58	490	8,17	12,00	
	Calibrador	115	1,92	360	6,00	12,00	
	Trapezio	65	1,08	210	3,50	12,00	
	Vedante RJ Macho	85	1,42	155	2,58	12,00	
	Vedante RJ Femea	50	0,83	120	2,00	12,00	
	Cobertura Cabo Elétrico	115	1,92	250	4,17	12,00	
Fiber/other s Kitting	Marcada Biaz MS	6390	106,50	710	11,83	-	
	Marcada UD MS	3240	54,00	360	6,00	-	
	Marcada Webs	1710	28,50	190	3,17	-	
	Marcada BX35% + UD32%	480	8,00	120	2,00	-	
	Marcada BX50% RJ	80	1,33	20	0,33	-	
	Marcada UD32%	480	8,00	120	2,00	-	
	Marcada Strips de resina RJ & Consum	120	2,00	120	2,00	-	
	Marcada FlowMesh	360	6,00	60	1,00	-	
	Marcada CM MS	200	3,33	40	0,67	-	
	Marcada Bracket's	80	1,33	10	0,17	-	
	Marcada TEG's	240	4,00	120	2,00	-	
	Marcada BC	120	2,00	60	1,00	-	
	Marcada WEB's REF	30	0,50	15	0,25	-	
Manual Cutting	Corte Manual RCO - Consumiveis	50	0,83	50	0,83	-	
	Corte Manual Calibradores - Consumiveis	5	0,08	5	0,08	-	
	Corte Manual WEB's - PPLY	20	0,33	20	0,33	-	
	Corte Manual EndWeb - PeelPlg	10	0,17	10	0,17	-	
	Corte Manual Acabamentos - Consumiveis	20	0,33	20	0,33	-	
Warehouse preparation	Corte Manual acab - Ref webs	20	0,33	20	0,33	-	
	Kit Mangueira Infusão Shell SS	60	1,00	60	1,00	-	
	Kit Mangueira Infusão Shell PS	60	1,00	60	1,00	-	
	Kit Mangueira Infusão Girder SS	15	0,25	15	0,25	-	
	Kit Mangueira Infusão Girder PS	15	0,25	15	0,25	-	
	Kit Mangueira Infusão Web HK	15	0,25	15	0,25	-	
	Kit Mangueira Infusão Web YK	10	0,17	10	0,17	-	
	Kit infusão TEG SS	10	0,17	10	0,17	-	
	Kit infusão TEG PS	12	0,20	12	0,20	-	
	Kit infusão TEBC	0	0,00	0	0,00	-	
	Kit Mangueira Infusão RCO	5	0,08	5	0,08	-	
	Kit Mangueira colagem webs+Pá	40	0,67	40	0,67	-	
TOTAL		93723	1562,04				0
		[min]	[h]				[l]

Anexo B - Análise de tempos de ciclo MS SS RE68.5

	Tarefa	Target V1	# 15	# 16	# 17	# 18	# 19	# 20	# 22	# 23	# 24	# 25	# 26	# 28	# 30	# 32	#40	#41
			Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real
Desmoldagem (Turno da tarde)	Cura Pá	220	223	220	215	220	225	220	240	230	900	220	220	220	220	230	220	220
	Abertura Molde	30	30	30	30	30	30	30	30	30	70	30	30	30	30	30	30	30
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá	90	90	90	90	90	90	90	70	70	70	90	90	90	90	90	90	90
	Limpeza Molde	30	30	30	30	5	30	30	30	30	15	30	80	30	20	20	20	20
	Aplicação desmoldante	20	20	15	60	30	15	20	20	15	15	15	20	30	20	20	20	15
	Secagem desmoldante	15	15	15	15	90	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Fitas e Aplicação gelcoat	30	30	80	30	30	30	40	30	30	30	30	30	30	30	50	30	30
Layup/Infusão (Turno da noite)	Cura gelcoat + Root	60	60	40	40	40	40	60	60	40	40	40	40	120	40	40	40	40
	Lay-up externo SHELL	90	50	80	60	60	60	60	80	80	60	60	30	60	60	40	60	60
	Colocação Girder + TEG	70	40	30	50	40	40	30	50	70	40	40	40	20	55	50	30	30
	Balsa/Espuma	90	40	90	60	40	40	50	90	20	30	30	30	30	45	30	30	30
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	100	100	80	90	50	100	90	60	50	40	60	120	60	80	60	60	60
	Peel Ply + Folha desmoldante	30	30	30	20	10	50	30	20	20	10	60	10	10	10	10	20	15
	Green Mesh + Canais resina	40	40	40	40	20	30	40	40	40	30	40	30	30	30	30	30	30
	Saco vácuo 1 + 2	60	60	60	60	60	60	60	60	60	40	60	80	40	50	60	40	40
	Estabilização + Teste vácuo	90	205	90	90	90	40	90	90	75	65	80	75	75	60	70	65	65
	Infusão	110	90	100	110	110	110	80	110	130	115	100	150	130	105	110	110	95
Colagem (Turno da manhã)	Peak Point + Rumping + Início Cura	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cura Infusão	160	157	160	151	158	158	160	160	160	160	160	140	160	160	160	160	150
	Ripagem + Controlo Qualidade	50	205	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	45
	Ripagem Girder + Teste seco Web's SS	30	30	30	30	30	30	60	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Aplicação Cola SS	30	30	30	30	30	70	30	30	30	30	30	60	30	30	30	30	25
	Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores + Teste condutividade	150	150	150	150	150	150	150	150	140	150	150	150	140	130	130	130	130
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Teste seco PS	25	25	25	25	25	25	25	25	50	25	25	25	25	25	25	25	25
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Aplicação Cola PS	30	30	30	50	30	50	40	30	50	30	30	30	30	30	30	30	30
	Limpeza de Cola	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	Rump Up + Início Cura Pá	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Total [min]		2000	2100	1945	1926	1778	1888	1900	1920	1865	1810	1825	1850	1835	1780	1750	1720	1670
Total [h] / Tempo de ciclo [h]		33,33	35,00	32,42	32,10	29,63	31,47	31,67	32,00	31,08	30,17	30,42	30,83	30,58	29,67	29,17	28,67	27,83

Anexo B - Análise de tempos de ciclo MS SS RE68.5 (continuação)

	Tarefa	Target V2	#45	#46	#47	#49	#51	#52	#53	#58	#59	#60	#61	#63	#64	#65	#69	#70	#72
			Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real	Real
Desmoldagem (Turno da tarde)	Cura Pá	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
	Abertura Molde	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Arrefecimento e Desmoldagem Pá	70	90	90	90	90	85	80	85	85	80	80	80	80	80	70	70	70	70
	Limpeza Molde	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Aplicação desmoldante	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Secagem desmoldante	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Fitas e Aplicação gelcoat	25	30	30	30	30	25	30	30	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Cura gelcoat + Root	45	40	40	40	40	45	40	40	45	40	40	40	40	40	40	40	40	45
Layup/Infusão (Turno da noite)	Lay-up externo SHELL	55	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	Colocação Girder + TEG	40	50	40	40	40	35	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	95	40
	Balsa/Espuma	30	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	30	26	30	30
	Layup interno SHELL, LE BC e TE BC	55	60	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
	Peel-Ply + Folha desmoldante	15	15	15	15	15	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Green Mesh + Canais resina	20	20	20	20	20	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Saco vácuo 1 + 2	30	40	30	30	30	35	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30
	Estabilização + Teste vácuo	45	65	50	65	60	80	70	50	50	35	45	45	65	30	45	45	45	70
	Infusão	95	95	75	80	75	80	70	80	90	80	60	60	70	60	60	60	60	60
	Peak Point + Rumping + Início Cura	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Colagem (Turno da manhã)	Cura Infusão	140	150	140	160	140	140	145	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140	140
	Ripagem + Controlo Qualidade	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	25	35	35
	Ripagem Girder + Teste seco Web's SS	25	30	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	30	25	25
	Aplicação Cola SS	25	25	25	25	25	25	45	25	25	25	25	25	25	25	25	17	25	25
	Remoção excesso cola, Rump Up + Cura Web, Colagem CB + Recetores + Teste condutividade	100	120	100	120	100	100	100	100	100	120	100	100	100	120	100	120	100	100
	Retirar galática + Arrefecimento + Preparação molde p/ Colagem	60	90	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	60	60
	Teste seco PS	20	25	25	30	25	30	20	25	20	20	20	20	20	20	20	17	20	20
	Remoção Peel Ply + Colocação Plástico e Peel Ply	20	20	40	35	30	30	20	30	20	20	20	20	20	20	20	35	20	20
	Aplicação Cola PS	25	25	30	30	35	30	25	30	25	25	25	25	25	25	25	20	25	25
	Limpeza de Cola	30	30	80	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	25	30	30
	Rump Up + Início Cura Pá	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	Total [min]	1445	1585	1530	1550	1485	1525	1480	1460	1450	1460	1445	1420	1440	1435	1410	1405	1465	1440
	Total [h] / Tempo de ciclo [h]	24,08	26,42	25,50	25,83	24,75	25,42	24,67	24,33	24,17	24,33	24,08	23,67	24,00	23,92	23,50	23,42	24,42	24,00

Anexo C – Exemplo de extração de dados SAP (pá #59)

Operação	Det.breve operação	Centro de trabalho	Descrição do centro de trabalho	Data início real de execução	Hora início real de execução	Data fim real de execução	Hora fim real de execução	Confirmação atividade 2 (H E2)	Unidade / atividade (-H E2)	Real Hours	Standard Hours	Nº pe
1100	Preparação do molde	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	25,83333333	0051
1200	Layup	M68PAC1	Pá Colada molde 1	11/02/2019	02:03:32	11/02/2019	06:52:00	48,606 HRS		48,606	76	0051
1300	Infusão	M68PAC1	Pá Colada molde 1	11/02/2019	02:03:51	11/02/2019	06:23:00	4,319 HRS		4,319	25,33333333	0051
1400	Peak Point+Ramping+Cura	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	5,33333333	0051
3000	Retoques e Reparações	50000	Reparações		00:00:00		00:00:00	0,000		0	0	0051
3100	Colagem Webs	M68PAC1	Pá Colada molde 1	08/02/2019	08:15:13	08/02/2019	09:00:30	10,292 HRS		10,292	40,83333333	0051
3200	Cura colagem webs	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	2,5	0051
4100	Colagem Pá	M68PAC1	Pá Colada molde 1	08/02/2019	11:51:05	08/02/2019	14:56:00	19,712 HRS		19,712	63	0051
4400	Cura colagem	M68PAC1	Pá Colada molde 1	08/02/2019	14:27:04	08/02/2019	23:10:00	32,372 HRS		32,372	13	0051
4500	Desmoldagem Pá	M68PAC1	Pá Colada molde 1	08/02/2019	18:51:07	08/02/2019	22:45:00	2,692 HRS		2,692	8	0051
4600	Transportes + Desmoldagem Logística	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	8	0051
4700	Operações Gat Leader	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	8	0051
4800	Preparação consumíveis	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	2	0051
4900	Preparar material (SS+PS)	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	4	0051
5000	Preparação de Químicos	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	1	0051
5100	Preparação de Consumíveis Colagem	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	1	0051
5200	Abastecimento ao Molde MainShell	M68PAC1	Pá Colada molde 1	06/02/2019	14:36:58	06/02/2019	20:37:02	11,955 HRS		11,955	1,5	0051
9999	Fecho Produção	M68PAC1	Pá Colada molde 1	08/02/2019	22:16:28	08/02/2019	22:16:29	1 \$		0,000277778	0	0051
1010	Preparação de Consumíveis	10000	Logística		00:00:00		00:00:00	0,000		0	2	0051
1015	Preparação de Consumíveis Colagem	10000	Logística		00:00:00		00:00:00	0,000		0	1	0051
1020	Preparação de Fibras SS	10000	Logística	06/02/2019	06:54:50	06/02/2019	11:56:17	4,569 HRS		4,569	2	0051
1021	Preparação de Fibras PS	10000	Logística	06/02/2019	06:54:57	06/02/2019	11:56:29	6,931 HRS		6,931	2	0051
1030	Preparação de Químicos	10000	Logística	06/02/2019	23:22:21	06/02/2019	23:30:01	0,128 HRS		0,128	1	0051
1040	Preparação reforços	10000	Logística		00:00:00		00:00:00	0,000		0	0,33333333	0051
2100	Preparação do molde	M68PAC1	Pá Colada molde 1	06/02/2019	16:01:27	06/02/2019	22:42:00	7,463 HRS		7,463	25,83333333	0051
2200	Layup	M68PAC1	Pá Colada molde 1	06/02/2019	22:19:20	07/02/2019	07:08:00	145,122 HRS		145,122	77	0051
2300	Infusão	M68PAC1	Pá Colada molde 1	07/02/2019	02:14:03	07/02/2019	07:18:00	9,171 HRS		9,171	23,83333333	0051
2400	Peak Point+Ramping+Cura	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	5,33333333	0051
2500	Ripagem	M68PAC1	Pá Colada molde 1	07/02/2019	14:37:17	08/02/2019	08:16:13	39,325 HRS		39,325	12,5	0051
2600	Retoques e Reparações	50000	Reparações		00:00:00		00:00:00	0,000		0	0	0051
2610	Transportes	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	2,86666667	0051
2620	Operações Gat Leader	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	8	0051
4010	Movimentações Logísticas	10000	Logística	06/02/2019	22:38:05	07/02/2019	02:26:55	3,814 HRS		3,814	14,16666667	0051
5020	Inspeção	60000	Quality	07/02/2019	22:55:05	08/02/2019	14:34:00	11,9 HRS		11,9	1	0051
0010	Operações Leader Gat	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	8	0051
0020	Operações Leader Gat	M68PAC1	Pá Colada molde 1		00:00:00		00:00:00	0,000		0	8	0051
0010	Abastecimento de consumíveis	10000	Logística		00:00:00		00:00:00	0,000		0	1,5	0051

Anexo D - Compilação tempos de processamento da pá colada

Descrição	Tarefas	Tempo	Centro de Trabalho	Descrição	MOD	Oprdr s	UN	MOD	UN	Rateiro (MOD)	Ciclo de Ocupação molde	Operação em Paralelo
Preparação do molde	Limpeza molde	30	Produção		300	10	MIN	30	MIN	1550	155	não
	Aplicar desmoldante	20			200	10	MIN	20	MIN			não
	Secagem desmoldante	15			150	10	MIN	15	MIN			não
	Fitas e aplicação gelcoat	30			300	10	MIN	30	MIN			não
	Secagem gelcoat + colocação root	60			600	10	MIN	60	MIN			não
Layup	Layup externo	90			1080	12	MIN	90	MIN	4560	380	não
	Balsa/Es puma	60			720	12	MIN	60	MIN			não
	Layup interno shell+TEBC+LEBC	100			1200	12	MIN	100	MIN			não
	Peel Ply + Folha desmoldante	30			360	12	MIN	30	MIN			não
	Green Mesh + Canais infusão	40			480	12	MIN	40	MIN			não
	1ª e 2ª saca vacuo	60			720	12	MIN	60	MIN			não
Infusão	Teste de vácuo + Estabilização	90			1080	12	MIN	90	MIN	1520	200	não
	Infusão	110			440	4	MIN	110	MIN			não
Peak Point+Ramping+Cura	PeakPoint	60			60	1	MIN	60	MIN	320	320	não
	Ramping+Cura	260			260	1	MIN	260	MIN			não
Colagem webs	Ripagem	50			700	14	MIN	50	MIN	2450	175	não
	Acabamentos e corte	45			630	14	MIN	45	MIN			não
	Auto-controlo	20			280	14	MIN	20	MIN			não
	Teste Seco SS webs	30			420	14	MIN	30	MIN			não
	Aplicação Cola	30			420	14	MIN	30	MIN			não
Cura colagem webs	Cura Webs	150			150	1	MIN	150	MIN	150	150	não
Colagem Pá	Retirar Galactica + Arrefecimento	90			1260	14	MIN	90	MIN	3780	270	não
	Auto-controlo	15			210	14	MIN	15	MIN			não
	Teste Seco	25			350	14	MIN	25	MIN			não
	Remoção PeelPly	30			420	14	MIN	30	MIN			não
	Aplicação Plástico e PeelPly	10			140	14	MIN	10	MIN			não
	Aplicação cola + fecho molde	100			1400	14	MIN	100	MIN			não
Cura colagem Pá	Cura Pá	260			780	3	MIN	260	MIN	780	260	não
Desmoldagem Pá	Arrefecimento	30			120	4	MIN	30	MIN	480	120	não
	Desmoldagem	90			360	4	MIN	90	MIN			não
Retoques e reparações	Retoques e reparações	0			0	1	MIN	0	MIN	0	0	não
Transportes + Desmoldagem Logística	Transporte Root	20	Logística		20	1	MIN	20	MIN	360	190	sim
	Colocação girder + TEG	70			140	2	MIN	70	MIN			sim
	Movimentar webs	70			140	2	MIN	70	MIN			sim
	Transporte Pá	30			60	2	MIN	30	MIN			sim
Operações Gat Leader	Operações Gat Leader	480			480	1	MIN	480	MIN	480		sim
Preparação consumíveis	Preparação consumíveis	120			120	1	MIN	120	MIN	120	0	sim
Preparar material (SS+PS)	Preparar material (SS+PS)	240			240	1	MIN	240	MIN	240	0	sim
Preparação de Químicos	Preparação de Químicos	60			60	1	MIN	60	MIN	60	0	sim
Preparação de Consumíveis Colagem Pá	Preparação de Consumíveis Colagem Pá	60			60	1	MIN	60	MIN	60	0	sim
Abastecimento ao Molde MainShell	Abastecimento de consumíveis	90			90	1	MIN	90	MIN	90	0	sim
Fecha de Produção	Fecha de Produção	0			0		MIN	0	MIN	0	0	
Total Lead Time		3270						17 000,00		2 030,00		
								283,33		33,83		

Anexo E – Layout atual da fábrica

Layout Atual

